



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PUERTAS FORJADAS MEDIANTE EL ESTUDIO DE MÉTODOS Y LA MEDICIÓN DEL TRABAJO EN LA INDUSTRIA VICOALMIN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**

**AUTORA**

**DORIS LISBETH MOSQUERA GUANOLUISA**

Tesis presentada ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH,  
como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN GESTIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**Riobamba – Ecuador**

**Marzo, 2016**



El TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de Investigación, titulado “**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PUERTAS FORJADAS MEDIANTE EL ESTUDIO DE MÉTODOS Y LA MEDICIÓN DEL TRABAJO EN LA INDUSTRIA VICOALMIN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**” de responsabilidad de la Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa, ha sido prolijamente revisada y se autoriza su presentación.

Tribunal:

\_\_\_\_\_  
ING. OSWALDO.GEOVANNY MARTÍNEZ G. MSc.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
ING. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE MSc.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
ING. ANGEL RIGOBERTO GUAMÁN M. Mgs.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
ING. JORGE ESTUARDO FREIRE MIRANDA MSc.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
**DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

Riobamba Marzo, 2016

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación ,y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa  
C.I. 0604028415

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa, declaro que el presente Proyecto de Investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, Marzo 2016

---

Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa  
C.I. 0604028415

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y por hacer realidad todos los sueños y metas alcanzadas.

A mi amado esposo Jorge Luis Tanqueño, por el apoyo incondicional brindado y por su infinita paciencia.

A mis hijos Matías Andrés y Leonardo Alessandro, ya que han sido el motor principal para alcanzar este logro.

A mi madre Teresa Guanoluisa, por el gran esfuerzo, ayuda y colaboración prestada para la culminación de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Por el apoyo y respaldo brindado al Ing. Jaime Iván Acosta Velarde en calidad de tutor de tesis de grado, por guiarme en el desarrollo del mismo sin ninguna reserva.

A los Ings. Jorge Freire y Angel Guamán Medoza quiénes fueron parte fundamental en la terminación de este proyecto de tesis, debido al aporte de sus conocimientos como tutores.

A la Industria Metálica VICOALMIN, fabricantes de puertas de hierro forjadas, principalmente al Sr. José Pérez Gerente Propietario quién me abrió sus puertas y me brindó todas las facilidades para el desarrollo de este proyecto de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY .....	xiii
CAPÍTULO I	
I      INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Planteamiento del problema.....	2
1.2.    Formulación del problema .....	3
1.3.    Sistematización del problema.....	3
1.4.    Objetivos .....	4
1.4.1. <i>General</i> .....	4
1.4.2. <i>Específicos</i> .....	4
1.5.    Justificación .....	4
CAPÍTULO II	
2      MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.    Antecedentes .....	6
2.1.1 <i>Evolución Histórica de la Ingeniería de Métodos</i> .....	6
2.2.    Productividad .....	7
2.1.2 <i>Proceso</i> .....	8
2.3.    Estudio del trabajo .....	9
2.3.1 <i>Medición del trabajo</i> .....	10
2.3.2 <i>Estudios de tiempos cronómetros</i> .....	14
2.3.3 <i>Estudio de métodos</i> .....	17
2.3.4 <i>Generalidades de métodos y tiempos (MTM)</i> . ....	18
2.3.5 <i>Principios de la economía de movimientos</i> .....	23
2.3.6 <i>Método Westinghouse</i> .....	24
2.3.7 <i>Metodología AVA (Análisis de Valor Agregado)</i> .....	25
2.3.8 <i>Diagrama de Precedencia</i> .....	25
2.3.9 <i>Prueba U de Mann-Whitney</i> .....	26
CAPÍTULO III	
3      METODOLOGÍA .....	27
3.1.    Tipos de estudio .....	27

3.1.1	<i>Estudios exploratorios</i> .....	27
3.1.2	<i>Estudios descriptivos</i> .....	27
3.2.	<b>Métodos</b> .....	28
3.2.1.	<i>Método Inductivo</i> .....	28
3.3.	<i>Técnicas e instrumentos para recolectar información</i> .....	28
3.3.1.	<i>Fuentes primarias</i> .....	28
3.3.2.	<i>Fuentes secundarias</i> .....	29
3.4.	<b>Instrumentos para el análisis de información</b> .....	29
3.5.	<b>Población y muestra</b> .....	30
3.6.	<b>Análisis de la situación actual</b> .....	30
3.6.1	<i>Descripción del proceso de construcción de puertas forjadas de la empresa Vicoalmin</i> .....	33
3.7	<b>Proceso metodológico para el análisis de la construcción de puertas forjadas</b> .....	38
3.7.1	<i>Tiempo estándar</i> .....	38
3.7.2	<i>Diagrama de proceso del análisis de construcción de puertas forjadas</i> .....	49
3.7.3	<i>Diagrama de operaciones del proceso de construcción de puertas forjadas</i> .....	52
3.7.4	<i>Distribución de Planta</i> .....	54
3.7.5	<i>Diagrama de recorrido</i> .....	55
3.7.6	<i>Diagrama hombre – máquina</i> .....	56
3.7.7	<i>Diagrama de precedencia</i> .....	56
3.7.8	<i>Análisis de valor agregado</i> .....	58
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		60
4	<b>PROPUESTA</b> .....	60
4.1.	<b>MODELO 5W – 2 H</b> .....	60
4.1.1	<i>Resultados</i> .....	63
4.1.2	<i>Análisis de Valor Agregado propuesta</i> .....	65
4.1.3	<i>Diseño de planta propuesta</i> .....	68
4.1.4	<i>Diagrama de recorrido propuesta</i> .....	69
4.1.5	<i>Análisis de Costo beneficio</i> .....	70
4.1.6	<i>Comprobación de hipótesis</i> .....	72
<b>CONCLUSIONES</b>		
<b>RECOMENDACIONES</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3.</b> Diagrama de flujo -----	36
<b>Figura 2-3.</b> Diseño de Planta-----	54
<b>Figura 3-3.</b> Diagrama de recorrido-----	55
<b>Figura 4-3.</b> Diagrama Per-Cpm-----	57
<b>Figura 5-3.</b> Valor agregado actual -----	59
<b>Figura 1-4.</b> Valor agregado propuesto -----	67
<b>Figura 2-4.</b> Diseño planta propuesta-----	68
<b>Figura 3-4.</b> Diagrama recorrido propuesta -----	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Calificación Westinghouse .....	14
<b>Tabla 2-2:</b>	Medición de ruido en decibeles .....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Simbología para diagramas de procesos.....	22
<b>Tabla 4-2:</b>	Valoraciones .....	25
<b>Tabla 1-3:</b>	Encuesta.....	31
<b>Tabla 2-3:</b>	Resultados encuesta.....	31
<b>Tabla 3-3:</b>	Actividades para elaboración de puertas forjadas .....	37
<b>Tabla 4-3:</b>	Suplementos OIT .....	38
<b>Tabla 5-3:</b>	Tiempo promedio (TM).....	40
<b>Tabla 6-3:</b>	Valoraciones.....	41
<b>Tabla 7-3:</b>	Tiempo Normal (TN).....	43
<b>Tabla 7-3:</b>	Suplemento Vicoalmin .....	45
<b>Tabla 8-3:</b>	Tiempo Estándar (TS) .....	46
<b>Tabla 9-3:</b>	(TS) Resumen.....	48
<b>Tabla 10-3:</b>	Diagrama de procesos.....	50
<b>Tabla 11-3:</b>	Proceso de construcción .....	52
<b>Tabla 13-3:</b>	Diagrama de precedencia .....	56
<b>Tabla 14-3:</b>	Valor agregado actual.....	58
<b>Tabla 1-4:</b>	5W 2H .....	61
<b>Tabla 2-4:</b>	Diagrama de proceso .....	63
<b>Tabla 3-4:</b>	Optimización .....	65
<b>Tabla 4-4:</b>	Valor agregado propuesta.....	65
<b>Tabla 5-4:</b>	Ingreso actual.....	70
<b>Tabla 6-4:</b>	Ingresos vs egresos actual .....	70
<b>Tabla 7-4:</b>	Propuesta .....	71
<b>Tabla 8-4:</b>	Ingresos vs gastos propuesta .....	71
<b>Tabla 9-4:</b>	Beneficio neto.....	72
<b>Tabla 10-4:</b>	Costo beneficio .....	72
<b>Tabla 11-4:</b>	Muestra situación actual .....	73
<b>Tabla 12-4:</b>	Muestra con propuesta.....	73
<b>Tabla 13-4:</b>	Asignación de rangos .....	74
<b>Tabla 14-4:</b>	Tabla U Mann Whitney .....	74

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A:** Metodología general

**Anexo B:** Encuesta

**Anexo C:** Fotos planta

**Anexo D:** Ficha de observación

**Anexo E:** Diagrama hombre máquina

**Anexo F:** Código de barras

## RESUMEN

La aplicación de técnicas de ingeniería de métodos en la elaboración de puertas forjadas en la industria Vicoalmin, permitió disminuir los tiempos de producción en base a la eliminación de procesos que no generan valor agregado al producto; el levantamiento de información se realizó a través de una encuesta a los operarios, medición de tiempos con cronómetros, diagramas de proceso y la aplicación de la metodología del Análisis del Valor Agregado. El tiempo promedio de producción de 1 puerta forjada fue de 5,03 días laborables. Se identificaron las actividades que limitan la productividad tales como: el proceso de secado de pintura y el manejo inventario de materiales. Posteriormente se elaboró una propuesta enfocada a reducir los tiempos en las actividades críticas mencionadas anteriormente aplicando la metodología AVA(Análisis del Valor Agregado) , dando como resultado un tiempo de producción 1 puerta forjada de 3,78 días. Comparando la productividad de meses anteriores con la productividad obtenida con el nuevo método se tiene como resultado que la productividad aumentó de 8 a 10,64 puertas /HH en la jornada de 8 horas, generando un beneficio de 3,89. Se concluye que las actividades críticas son el proceso de secado y el abastecimiento de materiales en la bodega , se recomienda implementar un sistema de secado y la adquisición de un software para inventario de materia prima

Palabras clave: <PRODUCTIVIDAD>, <PUERTAS FORJADAS>, <ESTUDIO DE TIEMPOS>, <TRABAJO>, <ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO> <INDUSTRIA METÁLICA>

## SUMMARY

The Application of techniques of engineering methods in the production of forged gates in the Vicoalmin industry, made it possible to reduce the production times based on the process elimination that don't generate added value to the product ; the gathering information was through a survey to operators, measurement of time with chronometers , process diagrams and the application of the methodology of the analysis of the added value. The average time of production of 1 forged gate was 5,03 working days. The activities that limit the productivity were identified such as: the process of drying paint and the inventory material handling. It was subsequently made a proposal aimed at reducing the times on critical activities mentioned above by applying the methodology VAA (Value- Added Analysis ), giving as a result a production time 1 forged gate of 3,78 days. Comparing the productivity of previous months with the new method, resulted that productivity increased from 8 to 10.64 gates / HH in the 8-hour day, generating a profit of 3,89 . It is concluded that the critical activities are the drying process and cellar material supply, it is recommended to implement a drying system and the acquisition of software for raw material inventory.

Key words : <PRODUCTIVITY>, <FORGED GATES>, <TIMES STUDY >, <WORK>, <VALUE ADDED ANALYSIS > <METAL INDUSTRY>

## **CAPÍTULO I**

### **I INTRODUCCIÓN**

El sector metalmecánico en el mundo presenta un gran potencial integrador, mientras que en el Ecuador el sector es de gran importancia, considerando que la mayoría de partes y piezas producidas se caracterizan por un alto valor agregado. Generalmente, los productos elaborados dentro de esta rama van destinados a proyectos de Gobierno, tales como petroleros, de telecomunicaciones, mineros, eléctricos e hidroeléctricos.

La industria metalmecánica por la amplia variedad que comprende, está dividida en los siguientes sectores: Metálicas básicas, productos metálicos, maquinarias no eléctricas, maquinarias eléctricas, material de transporte y carrocería y bienes de capital.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), para el año 2012 pronosticó un crecimiento de la industria metalmecánica en la región del 3.7%; mientras que en el año 2011 se alcanzó el 4.3%. Esta reducción se debe básicamente, a la incertidumbre y volatilidad de los mercados financiero internacionales.

El sector metalmecánico integra a muchos sectores productivos de Ecuador, debido a que la producción de muchos de los bienes destinados para la industria requieren en gran medida de partes y piezas producidas por este sector metal, la misma que provee de productos básicos y de la construcción, subsector de bienes de capital, minería, gas, materiales y equipos eléctricos, además está relacionado con el textil y confecciones, maderero, imprentas, e incluso en el alimenticio.

Este sector abarca un gran número de actividades productivas, que van desde la fundición a la transformación y soldadura así como también incluye el tratamiento químico de diferentes superficies. Los aceros son aleaciones de hierro carbono forjables, con porcentajes de carbono variables entre 0.08 y 2.14%. Además, los aceros se caracterizan por su ductilidad, son deformables en caliente utilizando forjado, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones son frágiles y se fabrican por moldeo.

## 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad un mundo globalizado exige una intensa competencia en todos los mercados indistintamente de la actividad empresarial de cada organización, obligándolas a buscar nuevas técnicas que permitan aplicar una gestión más racional y eficiente en la productividad.

Entre las industrias de mayor relevancia respecto al desarrollo económico del país, se encuentra la industria metalmecánica, cuya estructura productiva se caracteriza por la flexibilidad de la producción, relacionándose directamente con el proceso de fabricación, con el nivel tecnológico y versatilidad de las máquinas y herramientas utilizadas.

En este tipo de industrias integran en su operatividad, una amplia diversidad de procesos productivos con diferentes niveles de complejidad, los cuales se han venido generando tecnológicamente de acuerdo a las necesidades del mercado consumidor.

La industria metalmecánica Vicoalmin ubicada en la ciudad de Riobamba, tiene como actividad principal la fabricación de puertas forjadas de hierro, para lo cual cuenta con la experiencia tanto de sus dueños como de sus colaboradores, sin embargo, existe una brecha entre los procesos empíricos que se llevan a cabo en la empresa y el requerimiento real de bases técnicas que sustenten las actividades orientadas a optimizar los recursos.

Es evidente que en la actualidad, sobreviven las empresas que pueden adaptarse a los cambios continuos que exige un mercado cada vez más competitivo, por ello, es muy importante que la empresa Vicoalmin adopte herramientas que le ayuden a mejorar de manera técnica sus operaciones.

La falta de técnicas de medición y estudio de tiempos han dado como resultado un tiempo de producción elevado, ya que un operario tarda alrededor de 40 horas para la fabricación de una puerta forjada con respecto a la competencia quienes elaboran el mismo producto en 32 horas con materiales de la misma calidad, la producción de Vicolamin traducido a términos de productividad laboral mensual mediante la aplicación de su fórmula se tiene (Heizer y Render, 2007, p.18)

**Producción de la actividad**= 8 puertas mensuales

**#horas trabajadas\* puerta**= 40

$$Pr = \frac{\text{Producción de la Actividad}}{\text{Horas trabajadas}}$$

$$Pr = \frac{1}{40} = 0,025$$

Como se observa el índice de productividad es del 0,025 puertas por hora hombre, reflejando una baja productividad y ello a su vez es muestra de que en la producción existen procesos repetitivos, desperdicio de materiales, inadecuada distribución de la planta en referencia a las estaciones de trabajo, inapropiadas condiciones laborales en cuanto a seguridad, lo que conlleva a que los operarios estén expuestos a accidentes y enfermedades profesionales, generando que el trabajo no sea productivo.

Por otra parte la administración de Vicoalmin maneja los costos de producción de forma empírica, lo que significa que se desconoce cuál es el índice de rentabilidad aproximado en la elaboración de puertas forjadas. Sin embargo para tener una idea de cuál podría ser la productividad actual se realizó una entrevista al gerente propietario con el objetivo de conocer el costo promedio de una puerta producto, siendo este de 220 usd aproximadamente.

Para contribuir con el desarrollo de la industria Vicoalmin, se plantea aplicar técnicas científicas, como el estudio de métodos y medición del trabajo para la mejora de sus operaciones, con el propósito de reducir el tiempo de producción, mejorar la calidad del producto y cumplir con un tiempo adecuado hacia el cliente a través de la producción de puertas forjadas de forma efectiva.

## **1.2. Formulación del problema**

¿La aplicación de un estudio de métodos y la medición del trabajo, permiten la optimización de la productividad de puertas forjadas en la empresa VICOALMIN de la ciudad de Riobamba?

## **1.3. Sistematización del problema**

- ¿Cuáles son los métodos o procedimientos que actualmente se utilizan en la producción de puertas forjadas de hierro en Vicoalmin?
- ¿De qué manera se pueden mejorar los procesos productivos para la elaboración de puertas forjadas?
- ¿Cuál es el mejor método que me permite optimizar la productividad?
- ¿De qué manera se puede aplicar y evaluar el método propuesto?



## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. General***

Optimizar la productividad en la elaboración de puertas forjadas mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo en la industria Vicoalmin de la ciudad de Riobamba.

### ***1.4.2. Específicos***

- Identificar las operaciones y procesos involucrados en la fabricación de puertas forjadas.
- Desarrollar el estudio de métodos y medición del trabajo en los procesos de elaboración de puertas forjadas.
- Diseñar el método de trabajo más eficiente propuesto.

Aplicar y evaluar a través de la implementación de una prueba piloto el método mejorado.

## **1.5. Justificación**

El estudio tiene como propósito principal mejorar el desarrollo productivo y económico en la industria metalmecánica Vicoalmin, contribuyendo con el objetivo N°10 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, que plantea:

“Impulsar la transformación de la matriz productiva, diversificando y generando mayor valor agregado en la producción nacional a través de la consolidación de la transformación productiva de los sectores prioritarios industriales y de manufactura, con procesos de incorporación de valor agregado que maximicen el componente nacional y fortalezcan la capacidad de innovación y de aprendizaje colectivo. Asimismo, promoviendo la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales, articulando la investigación científica, tecnológica y la educación superior con el sector productivo” (PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR, 2013).

Al implementar técnicas de métodos y tiempos en la elaboración de puertas forjadas de hierro, se busca aprovechar al máximo los recursos, optimizando la producción y mejorando los puestos de trabajo para dar seguridad y comodidad a los operarios.

En el presente trabajo se utiliza el método de medición y observación directa utilizando como principal instrumento el cronómetro, con ello se valora la velocidad con la que el operario realiza cada tarea inmersa en la fabricación de puertas forjadas, y así fijar los tiempos estándar para cada tarea dentro del proceso de producción ; además le permitirá a Vicoalmin conocer su ritmo de fabricación y la manera como se encuentra distribuido el trabajo, facilitando así el control de los costos de producción y la identificación de los posibles problemas que se presenten en la línea de puertas forjadas.

No existen antecedentes a nivel local y nacional con respecto a estudios de métodos y tiempos realizados en empresas dedicadas a producciones similares, con el presente trabajo se busca comprobar que estas técnicas pueden considerar resultados satisfactorios, ya que la Ingeniería Industrial como tal es de vital importancia para contribuir con el desarrollo del proceso productivo del país.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Vicoalmin se encuentra localizado en la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba, parroquia Lizarzaburu, barrio el “Retamal de Tapi”, empresa en la que se efectuará el estudio.

De manera general la metalmecánica es uno de los motores del crecimiento económico del país.

Ciertamente, dentro del proceso de desarrollo, es importante el fomento del sector industrial por varios motivos, como la generación niveles salariales más altos, mayor empleo de personas con mejores niveles educativos y la producción de bienes con incrementos del valor agregado.

El sector de la metalmecánica del Ecuador, lastimosamente, no posee un gran desarrollo, por el contrario, dicho sector tiene un carácter todavía más artesanal que industrial. De acuerdo a la Encuesta de Manufactura de 2013 elaborada por el INEC, las pymes metalmecánicas poseen una gran participación de obreros, los cuales representan el 71% del total de trabajadores, mientras que los empleados y dueños de las empresas corresponden al 27% y 2% respectivamente.

##### 2.1.1 *Evolución Histórica de la Ingeniería de Métodos*

A continuación se presenta de forma cronológica los hechos que marcaron el desarrollo de la ingeniería de métodos, el estudio de tiempos y la medición del trabajo. (GAITHER Y FRAZIER, 2000, p. 9)

- 1760: Jean Rodolphe Perronet hace estudios de tiempos para la fabricación de alfileres comunes N. 6.
- 1776: Adam Smith publica “La riqueza de las Naciones”.
- 1820: Charles Babbage hace estudios de tiempo para alfileres comunes N. 11.
- 1832: Charles Babbage publica On the Economy of Machinery and Manufacturers (Sobre la economía de la maquinaria y los fabricantes).

- 1881: Frederick W. Taylor comienza su trabajo sobre el estudio de tiempos.
- 1895: Taylor presenta sus descubrimientos a la ASME. Publica su ensayo “A piece rate system”.
- 1901: Henry L. Gantt desarrolla su sistema de salarios de tarea y bono o bonificación.
- 1903: Taylor presenta su ensayo sobre administración del taller (“Shop Management”) a la ASME.
- 1906: Taylor da a conocer su trabajo sobre el arte de cortar los metales (“ON the art of cutting metals”).
- 1909: Frank Gilbreth publica su artículo “Bricklayng system” (Sistema de colocación de ladrillos).
- 1910: El término administración científica (scientific management) fue acuñado por Louis Brandeis en una reunión en casa de de H. L. Gantt. La Interstate Commerce Comisión inicia una investigación del estudio de tiempos. Gilbreth da a conocer “Estudio de movimientos” (Motion Study) Gantt publica su obra: “Trabajo, salarios y ganancias” (Work, Wages and Profits).
- 1927: Elton Mayo comienza los experimentos de Hawthorne en la planta de Hawthorne, Illinois, de la Western Electric Company.
- 1949: Prohibición del uso de cronómetros, derivado del lenguaje de asignación.
- 1972: La Sociedad para el Progreso de la Administración se une a la American Management Association.

## **2.2. Productividad**

Es el mejor uso de recursos para realizar un trabajo (materia prima, mano de obra, maquinaria, etc.), y a través del estudio del trabajo se busca mejorar el rendimiento y aumentar la productividad de la empresa; de tal manera que la productividad es la relación entre la cantidad

de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. La productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados; se dice que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (Insumos) en un período de tiempo dado se obtiene el máximo de productos. (DEMING, 1989, pp. 24).

El objetivo básico de aumentar la productividad, es mejorar el desempeño de las personas y de los recursos utilizados, para mejorar la calidad de sus productos (INDA, 1999, p.108)

Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran en juego otros aspectos muy importantes como:

- Calidad: La calidad es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de labor o trabajo.
- Productividad = Salida/ Entradas
- Entradas: Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía, Capital.
- Salidas: Productos.

### **2.1.2 Proceso**

Proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que al interactuar juntas en los elementos de entrada y los convierten en resultados. (SOTO, 2010, p.25)

Desde el punto de vista productivo, un proceso es el conjunto de operaciones planificadas de transformación de unos determinados factores o insumos en bienes o servicios mediante la aplicación de un procedimiento tecnológico.

Una cadena productiva consta de etapas consecutivas a lo largo de las que diversos insumos sufren algún tipo de cambio o transformación, hasta la constitución de un producto final y su colocación en el mercado. Se trata, por tanto de una sucesión de operaciones de diseño, producción y de distribución integradas, realizadas por diversas unidades interconectadas como una corriente, involucrando una serie de recursos físicos, tecnológicos y humanos. La cadena productiva abarca desde la extracción y proceso de manufacturado de la materia prima hasta el consumo final. (COSTA, 2002, pp. 65)

### **2.3. Estudio del trabajo**

Se entiende por estudio del trabajo genéricamente ciertas técnicas y en particular el estudio de Métodos y la Medición del Trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras. (THRUMAN & LOUZINEK, 1998, pp. 74)

El estudio del trabajo tiene como objetivo incrementar la productividad sin recurrir a grandes inversiones de capital y sin exigir un mayor esfuerzo a la Mano de Obra. Este incremento de productividad lo conseguirá únicamente racionalizando el trabajo, para ello eliminará el tiempo suplementario y el tiempo improductivo. Para realizar cualquier trabajo el tiempo que se invierte es:

Contenido básico del trabajo (tiempo irreducible a tiempo mínimo para realizar una tarea). A este tiempo hay que añadirle:

El tiempo suplementario que se divide en A (debido a un mal diseño en el producto) y en B (debido a que el proceso productivo está mal diseñado).

El tiempo improductivo (el trabajador no realiza ningún trabajo) que se divide en el C (el trabajador está parado por causas imputables a la dirección) o el D (por causas imputables al trabajador).

El estudio del trabajo está combinado de dos técnicas básicas que son el estudio de métodos y la medición del trabajo. La institución Británica de Estándares (BSI, 1991) los define de la siguiente manera: Estudio de métodos de trabajo, es el registro y examen crítico sistemático de las formas de ejecutar actividades con el fin de realizar mejoras en los procesos de trabajo. Medición de los procesos de trabajo, consiste en la aplicación de técnicas al para establecer con precisión cuanto tiempo debería invertir un trabajador cualificado en llevar a cabo un proceso concreto de trabajo. Estas dos técnicas están relacionadas entre sí y ambas conducen a la obtención de mayores niveles de productividad (RODRÍGUEZ, 2007, pp 58).

El estudio del trabajo tiene dos aspectos muy importantes y bastante diferenciados:

1. Encontrar un mejor modo de realizar una tarea.
2. Determinar cuánto se debe tardar en esa tarea.

### 2.3.1 *Medición del trabajo*

- Es la parte cuantitativa del estudio del trabajo que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal, un método predeterminado. (THRUMAN & LOUZINEK, 1998, pp. 75).
- **Tiempo estándar.**- Este procedimiento permite la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida. Todas las etapas son necesarias cuando se requiere fijar tiempos tipo, si se va a determinar los tiempos improductivos de una actividad o proceso que está en marcha, será suficiente usar los cuatro primeros pasos (KANAWATY, 1996, p. 255).

Aplicaciones del Tiempo estándar:

- Ayuda a la planeación de la producción, los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del trabajo a los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en conjetura o adivinanzas.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos. Además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad.
- Ayuda a establecer las cargas de trabajo.
- Ayuda a formular un sistema de costos estándar. El tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora/ nos proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados. Los tiempos estándar de mano de obra presupuestarán los costos de artículos que se planea producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales.
- Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control. Se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida; la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontrará en posibilidad de aumentar su producción reduciendo costos unitarios.

- Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores. Los tiempos estándares serán el parámetro que mostrará a los supervisores la forma como los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

#### **2.3.1.1** *Procedimiento para la medición del trabajo*

Ante todo en la mayoría de los tiempos existen dos premisas fundamentales:

- Las medidas deben hacerse con la más escrupulosa justicia, es decir, con las mayores garantías de que la medida esta perfectamente realizada, ya, que la determinación de tiempo se emplea para calcular los salarios con incentivos y, por tanto, si las medidas no son tomadas con verdadero sentido de responsabilidad, se derivan perjuicios graves para los trabajadores o para la empresa.
- Las medidas deben hacerse con el grado de exactitud estrictamente necesario, de acuerdo con la importancia de lo que se mide. Si se trata de una operación que se repetirá multitud de veces, es evidente que todas las precauciones y tiempo que se dedique en asegurar una medición más exacta posible con pocas piezas y elementos técnicos puede resultar más caro que el valor de los posibles errores cometidos. (THRUMAN & LOUZINEK, 1998. pp. 79)

#### **2.3.1.2** *El estándar de tiempos y sus componentes*

El producto final de la medida del trabajo será el obtener el tiempo tipo o estándar de la operación, o proceso objeto de estudio. Estos términos lo que indican es un " tiempo" que reúne las siguientes características:

P = personal (como por ejemplo satisfacción de necesidades personales)

D = descanso (fatiga )

S = suplementario o demoras inevitables

#### **2.3.1.3** *Método Westinghouse*

Uno de los sistemas de calificación más antiguos y con mayor aplicación fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporación; este método considera cuatro factores de forma cuantitativa y cualitativa para evaluar el desempeño del operario, estos factores son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia; de tal forma que se obtenga una matriz que indique la clase, categoría



y ponderación de cada uno de ellos, al final se realiza la suma algebraica de los factores obteniéndose así “c”. (MINATI, 2012. pp. 51)

**Habilidad:** se define la habilidad como "El nivel de competencia para seguir un método dado", y la relaciona con la experiencia demostrada por la coordinación adecuada de la mente y las manos. La habilidad de un operario es el resultado de las experiencias y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo. La práctica desarrolla y contribuye la habilidad pero no compensa todas las deficiencias en la aptitud natural. (BACA, 2011, pp.64)

La habilidad de una persona en una actividad dada aumenta con el tiempo, debido a que al familiarizarse con el trabajo, tendrá más rapidez, movimientos más suaves y mayor libertad en cuanto a titubeos y movimientos falsos.

Una disminución en la habilidad suele ser el resultado de algún impedimento en sus aptitudes debido a factores físicos y psicológicos, como la vista que falla, menores reflejos y la pérdida de la fuerza o coordinación muscular. Por lo tanto, la habilidad de una persona puede variar de un trabajo a otro e incluso de una operación a otra dentro del mismo trabajo.

El sistema de calificación de Westinghouse seis grados o clases de habilidades que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación: deficiente, aceptable, regular, bueno, excelente y extrema. El observador evalúa la habilidad desplegada por el operario y la clasifica en una de las clases; esta calificación va de +15% para la habilidad extrema y -22% para la deficiente.

**Esfuerzo:** Se define como una "Demostración de la voluntad para trabajar con efectividad". El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad y el operario puede controlarla en un grado alto. Al evaluar el esfuerzo del operario, el observador debe tomar en cuenta sólo el esfuerzo "efectivo". Para explicar esto, en ocasiones el operario aplica un esfuerzo rápido mal dirigido para aumentar el tiempo de ciclo del estudio y al mismo conservar un factor de calificación alto. (THRUMAN & LOUZINEK, 1998. pp. 81)

Las seis clases de esfuerzo para asignar calificaciones son: deficiente, aceptable, regular, bueno, excelente y excesivo. El esfuerzo excesivo tiene un valor de +13% y el deficiente un -17%.

**Condiciones:** Las condiciones a las que se refiere este procedimiento de calificación afectan al operario y no a la operación. Los analistas califican las condiciones como normal o promedio en la mayoría de los casos, ya que las condiciones se evalúan como una comparación con la forma

que es usual encontrarlas en la estación de trabajo. Los elementos que afectan la condición de trabajo incluyen temperatura, ventilación, luz y ruido. Por tano si la temperatura en una estación de trabajo dada es 60°F, pero es costumbre mantenerla entre 68°F y 74°F las condiciones se califican más bajo de lo normal. Los factores que afectan la operación, como herramientas o materiales en malas condiciones no se toman en cuenta al aplicar el factor de calificación para las condiciones de trabajo.

Las seis clases generales de condiciones de trabajo con valores que van de +6% a -7% son: deficientes, aceptables, regulares, buenas, excelentes e ideales.

**Consistencia:** El último de los cuatro factores que influyen en la calificación de la velocidad es la consistencia del operario. A menos que el analista use el método de regresos a cero o realice o registre las restas sucesivas durante el estudio, la consistencia del operario debe evaluarse mientras está trabajando. Los valores de tiempos elementales que se repiten constantemente tendrán una consistencia perfecta. Esta situación ocurre rara vez, pues siempre tiende a haber una dispersión debido a muchas variables, como la dureza de los materiales, el filo de la herramienta de corte, los lubricantes, la habilidad y esfuerzo del operario, las equivocaciones en las lecturas del cronómetro y los elementos extraños. Los elementos que tienen un control mecánico también tendrán una consistencia casi perfecta, pero esos elementos no se califican. (MINATI, 2012. pp. 65).

Las seis clases de consistencia son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y perfecta. La consistencia perfecta se califica con +4% y la deficiente con -4%, los valores de las otras clases están entre estos dos.

No se puede citar una regla fija para calificar la consistencia. Algunas operaciones de corta duración no requieren de manipulaciones delicadas de posicionamiento y dan resultados bastante consistentes de un ciclo a otro. Estas operaciones exigirán una consistencia promedio mayor respecto a los trabajos de larga duración que involucran elementos de gran habilidad en su posicionamiento, sujeción y alineación. Los conocimientos del analista de estudio de tiempos sobre el trabajo determinan, en alto grado, el intervalo de variación justificado para una operación en particular.

Una vez que se haya asignado una calificación de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, de determina el factor de calificación global por medio de la suma aritmética de los cuatro valores establecidos y agregando la unidad, entonces se tiene:

$$Cv=1(+/-)c$$

**Tabla 1-2:** Calificación Westinghouse

HABILIDAD		ESFUERZO	
0,15	A1 HABILÍSIMO	0,13	A1 EXCESIVO
0,13	A2 – HABILÍSIMO	0,12	A2 – EXCESIVO
0,11	B1 EXCELENTE	0,1	B1 EXCELENTE
0,08	B2 - EXCELENTE	0,08	B2 - EXCELENTE
0,06	C1 BUENO	0,05	C1 BUENO
0,03	C2 – BUENO	0,02	C2 – BUENO
0	D – PROMEDIO	0	D – PROMEDIO
-0,05	E1 REGULAR	-0,04	E1 REGULAR
-0,1	E2 – REGULAR	-0,08	E2 - REGULAR
-0,15	F1 DEFICIENTE	-0,12	F1 DEFICIENTE
-0,22	F2 – DEFICIENTE	-0,17	F2 - DEFICIENTE
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0,06	A – IDEALES	0,04	A - PERFECTO
0,04	B – EXCELENTES	0,03	B - EXCELENTE
0,02	C - BUENAS	0,01	C - BUENA
0	D - PROMEDIO	0	D - PROMEDIO
-0,03	E - REGULARES	-0,02	E - REGULAR
-0,07	F - MALAS	-0,04	F - DEFICIENTE

Fuente: MINATI, 2012.

**2.3.1.4** *Métodos Generales de medición del trabajo*

- Intuitivo: Basado en la experiencia.
- Medición y observación directas

a.- Cronometraje

b.- Muestreo del trabajo

- Tiempos predeterminados

a.-MTM: Medición de Tiempos de Métodos

**2.3.2** *Estudios de tiempos cronómetros*

Según lo mencionan (THRUMAN & LOUZINEK, 1998. pp. 92), el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. Un estudio de tiempos con cronómetros se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea ya estandarizada.

- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo de una operación.
- Se encuentran demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Se encuentren bajos rendimientos u excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupos de máquinas.
- (Rendimiento=obtenido/expectativa)

Pasos básicos para la realización del cronometraje:

#### - PREPARACIÓN

Selección de la operación

Selección del trabajador

Análisis de comprobación del método de trabajo

Actitud frente al trabajador

#### - EJECUCIÓN

Obtener y registrar la información

Descomponer la tarea en elementos

Cronometrar

Cálculo del tiempo observado

#### - VALORACIÓN

Ritmo normal del trabajador promedio

Técnicas de valoración

Cálculo del tiempo base o valorado

#### - SUPLEMENTOS

Análisis de demoras

Estudio de fatiga

Cálculo de suplementos y sus tolerancias

- TIEMPO ESTÁNDAR

Error de tiempo estándar

Cálculo de frecuencia de los elementos

Determinación de tiempos de interferencia

Cálculo de tiempo estándar

A continuación se detalla el Equipo de trabajo para la medición de tiempos:

- Tabla para estudios de tiempos
- Cronómetro
- Lápiz
- Hoja de estudio de tiempos
- Croquis del área de trabajo
- Estudio detallado de la operación.

### **2.3.2.1** *Cálculo del tiempo tipo o estándar*

Se deben realizar los siguientes pasos: (THRUMAN & LOUZINEK, 1998. pp. 94)

1. Obtener y registrar información de la operación
2. Descomponer la tarea, registrar los elementos
3. Tomar las lecturas
4. Nivelar el ritmo de trabajo
5. Calcular los suplementos de estudios de tiempos

Se procede a calcular el estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación como sigue:

- Se analiza la consistencia de cada elemento. Las mediadas a tomar pueden ser las siguientes:
- Si las variaciones son debidas a la naturaleza del elementos se conservan todas las lecturas.
- Caso contrario la lectura anterior o posterior donde se observa la variación de ambas son consistentes, la inconsistencia en el elemento estudiado se deberá a la falta de habilidad del trabajador. Si un gran número de observaciones son consistentes se pueden eliminar las variaciones extremas y solo conservar las normas.

En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.

Se nota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.

Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas o consideradas, el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$T_e = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

Se multiplica el tiempo promedio ( $T_e$ ) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo de minuto/ obteniéndose el tiempo base elemental:

$$T_n = T_e \text{ (valoración en \%)} \quad (2)$$

Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento:

$$T_t = T_n (1 + \text{Tolerancias}) \quad (3)$$

Se calcula la frecuencia por operación o pieza/ de cada elemento cíclico o contingente.

Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A este producto se le denomina tiempo total concedido.

Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación/ pieza, etc.

Al efectuarse el cálculo del tiempo tipo debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se debe conceder el tiempo de preparación y retiro.
- El factor interferencia cuando se presenta un ciclo de trabajo estudiado.

### **2.3.3 Estudio de métodos**

Es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir los costos.

El estudio de métodos está dirigido a mejorar los métodos de trabajo, para economizar movimiento de materiales y trabajadores.

El propósito de la medición del trabajo es revelar la naturaleza e importancia del tiempo improductivo, sea cual fuere su causa, a fin de eliminarlo, y fijar unas normas de rendimiento que sólo se cumplirán si se elimina todo el tiempo improductivo evitable y si el trabajo se ejecuta con el mejor método posible y personal idóneo por sus aptitudes y formación. (VAUGHN, 1988. pp. 74).

#### **2.3.4 Generalidades de métodos y tiempos (MTM).**

Es un sistema de control de tiempos predeterminados que se utiliza principalmente en entornos industriales para analizar los métodos utilizados para llevar a cabo alguna operación manual o tarea y como resultado de ese análisis, establecer el tiempo estándar, de fabricación, el tiempo estándar en el que un trabajador debe completar esa tarea. (CORIAT, 2001. pp. 46)

Para mejorar la productividad en la empresa Vicoalmin de la ciudad de Riobamba se establece el uso de la técnica MTM (Methods Time Measurement) , además se aplica el método de medición y observación directa por cronometraje.

#### **Mejoras de factores Humanos y físicos**

El análisis de la operación, el estudio de movimientos y estudio de micromovimientos se han limitado al mejoramiento de la estación de trabajo (CORIAT, 2001. pp. 48)

Las áreas de estudio que se relacionan con tal enfoque comprenden:

- **Medición y control del ambiente físico.** Los factores ambientales que influyen en la productividad del personal que labora y en la contabilidad del proceso comprenden el ambiente visual, los ruidos, las vibraciones, la humedad y la temperatura ambiente y la contaminación atmosférica.
  
- **El ambiente visual.** Un alumbrado eficaz es tan importante. Los criterios principales son la cantidad de luz o iluminación, el contraste entre los alrededores inmediatos y la tarea específica a ejecutar, y la existencia o ausencia de deslumbramiento

- **Ruidos:** Las ondas sonoras se originan por la vibración de algún objeto, que establece una sucesión de ondas de compresión y expansión a través del medio de transporte del sonido.

Según el Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores, Reformado por el Art. 34 del D.E. 4217, R.O. 997, 10- VIII-88) Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibels con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

**Tabla 2-2:** Medición de ruido en decibels

<b>Ruido en decibels</b>	<b>Tiempo de exposición por jornada/hora</b>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

**Fuente:** CHACÓN, 2012

- **Condiciones térmicas.** Aunque el ser humano es capaz de funcionar dentro de un intervalo amplio de condiciones térmicas, su comportamiento se modificará notablemente si queda sometido a temperaturas que varían respecto de las consideradas normales.
- **Radiaciones.** Aunque todos los tipos de radiación ionizante pueden dañar los tejidos, la protección contra las radiaciones alfa y beta es tan fácil que la mayor atención se asigna a los rayos X y la radiación neutrónica. Hay que advertir que haces de electrones de alta energía al chocar contra metal en equipo vacío, pueden producir rayos X muy penetrantes que requieren mucha mayor protección.
- **Factores de Trabajo que conducen a una actuación insatisfactoria.** Otro aspecto adicional que necesita ser estudiado por el analista son aquellos factores de trabajo que pueden llevar a errores humanos.
- **Señales luminosas.** Las luces indicadoras o señales luminosas son probablemente los medios visuales de mayor uso. Debe estar diseñado de modo que atraigan de inmediato la atención del operario.



- **Señales sonoras:** En algunos casos conviene más utilizar señales auditivas que indicaciones visuales. El sistema auditivo humano está alerta en forma permanente. Puede detectar fuentes de señales diferentes sin una determinada orientación del cuerpo, como generalmente es necesario en el caso de señales visuales.
- **Codificación por tamaño y forma.** La codificación por forma, donde se usan configuraciones geométricas de dos o de tres dimensiones, permite la identificación táctil y visual.

En vista de que los trabajadores no utilizan EPP adecuado para sus trabajos, y siendo el ruido el principal factor de inseguridad en el proceso de elaboración de puertas, el enfoque se establecerá para ese factor de riesgo.

Para determinar con exactitud los métodos y tiempos empleados en un proceso de producción, se utiliza las siguientes herramientas según sea conveniente de acuerdo al proceso. (CORIAT, 2001. pp. 50).

El estudio de estos factores es necesario para que la aplicación de las normas tenga éxito.

#### **2.3.4.1** *Hojas de proceso*

Es un sencillo documento donde se recoge las actividades tareas o pasos que se han de realizar para completar un trabajo. La hoja de proceso de una pieza es una hoja informativa en la que se recogen todas las características necesarias para su fabricación, operaciones a realizar y su secuencia de trabajo, tratados de forma secuencial, y con un proceso lógico y estudiado de fabricación, máquinas que intervienen en su mecanizado, herramientas que se han de utilizar y sus características, así como los cálculos técnicos, etc.

Depende del tipo de empresa y de qué producto se fabrique o trabaje, las hojas de proceso pueden variar unas de otras en cuanto a forma y contenido, aunque básicamente tienen la misma función, informar de los pasos que se han de seguir para fabricar una pieza en el taller desde que se coge el material en bruto, hasta que se termina.

Al realizar la hoja de proceso hay que calcular todos los datos y parámetros de trabajo que son necesarios para la realización del mismo y en toda hoja de proceso debe tener:

- a) El plano de la pieza.
- b) Número de fase

- c) Operaciones a realizar
  - d) Máquinas a utilizar.
  - e) Herramientas.
  - f) Tiempo necesario.
  - g) Material.
  - h) Un cajetín con los datos.
  - i) Los procesos de trabajo más comunes en el taller de metal son:
  - j) Los procesos de mecanizado o fabricación de piezas.
  - k) Los procesos de montaje y desmontaje de elementos mecánicos.
  - l) Los procesos de control de calidad para verificación y control de piezas y maquinaria.
- (MEYERS, 2000. pp. 56).

#### **2.3.4.2 Diagrama de proceso**

Los diagramas para análisis de procesos más comunes se clasifican en:

Diagramas que indican secuencias de operaciones, gráficos que poseen escalas de tiempo y diagramas para representar flujo, movimiento y desplazamiento.

De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso. El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente un problema difícilmente podrá ser resuelto. (MEYERS, 2000. pp. 59)






#### **2.3.4.3 Diagrama de recorrido o circulación.**

Es un esquema de distribución de planta en un plano bi o tridimensional a escala, que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el Diagrama de Proceso de Flujo (DPF). La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el DPF. (MEYERS, 2000. pp. 62).

Cuando se desea mostrar el movimiento de más de un material o de una persona que interviene en el proceso en análisis sobre el mismo diagrama, cada uno puede ser identificado por líneas de diferentes colores o de diferentes trazos. Cabe indicar que en este diagrama se pueden hacer dos tipos de análisis:

- De seguimiento al hombre, donde se analizan los movimientos y las actividades de la persona que efectúa la operación.
- De seguimiento a la pieza, el cual analiza las mecanizaciones, los movimientos y las transformaciones que sufre la materia prima. (MEYERS, 2000. pp. 62)

**Tabla 3-2:** Simbología para diagramas de procesos

1		OPERACIÓN	Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, etc, una herramienta, pieza o material.
2		TRANSPORTE	Se emplea para representar el movimiento de la mano (o extremidad) hasta el trabajo, herramienta, material o desde uno de ellos.
3		ESPERA	Se emplea para indicar el tiempo en que la mano o extremidad no trabaja (aunque quizá trabajen las otras).
4		SOSTENIMIENTO (Almacenamiento)	Con los diagramas bimanuales no se emplea el término almacenamiento, y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.
5		INSPECCIÓN	El símbolo de inspección no se emplea casi, puesto que durante la inspección de un objeto los movimientos de la mano vienen a ser "operaciones" a los efectos del diagrama. Sin embargo, a veces resulta útil emplear el símbolo inspección para hacer resaltar que se examina algo.

Fuente: MEYERS, 2000

El formulario de diagrama deberá comprender:

- Espacio en la parte superior para la información habitual.
- Espacio adecuado para el croquis del lugar de trabajo (equivalente al del diagrama de recorrido que se utiliza junto con el cursograma analítico) o para el croquis de la plantilla, etc.
- Espacio para el movimiento de ambas manos.
- Espacio para un resumen de movimientos y análisis del tiempo de inactividad.

Existen operaciones en donde los movimientos son demasiado repetitivos y rápidos, siendo que para realizar su análisis no podría funcionar eficientemente el medio visual del analista de métodos. Por ello se realizan estudios de micromovimientos, que es el término aplicado a la subdivisión de una operación en sus elementos básicos o therbligs y a la medida cuantitativa de sus tiempos. (MEYERS, 2000. pp. 64 )

Este estudio se realiza registrando la operación de una película fotográfica y empleando un procedimiento para medir el tiempo que ocupa cada therblig. El método más usado es la película cinematográfica con un micrómetro en el campo de acción fotografiado, o tomando la película a una velocidad constante y determinando el intervalo para cada therblig contando el número de cuadros de la película que han transcurrido entre el comienzo y la terminación del therblig. (MEYERS, 2000. pp. 64)

### **2.3.5 Principios de la economía de movimientos**

Estos principios fueron establecidos por el doctor Ralph Barnes, los cuales sirven como una de las principales herramientas para llevar a cabo un estudio de métodos, y algunos de estos principios son: (MEYERS, 2000. pp. 64)

El trabajo de ambas manos debe estar repartido en una forma equilibrada, deben trabajar de forma opuesta, simétrica y no deben estar ociosas en ningún momento. Por lo tanto se debe evitar al máximo los sostenimientos con una de las manos, ya que esto puede ser solucionado mediante el uso de un dispositivo para sujetar la pieza, y de esta forma lograr una economía en el tiempo del proceso.

Si una tarea puede realizarse de una mejor forma mediante el uso de alguna herramienta, debe efectuarse de esa forma, y nunca se debe hacer con las manos directamente. Este es el caso de un tornillo, que puede ser colocado con un destornillador eléctrico, o también, para el encendido de una máquina se puede utilizar un pedal, dejando así, las manos libres para que puedan ser ocupadas en otra labor.

Los movimientos de las manos deben ser lo más simples posibles, por ejemplo el movimiento de los dedos, esto debe ser tomado en cuenta para evitar grandes esfuerzos como alcanzar alguna pieza lejos de nuestra área de trabajo, lo cual implica el movimiento del brazo, el hombro y posiblemente de la espalda.

- Para establecer una mejor secuencia de los procesos, el material, las herramientas necesarias y los equipos deben estar en una posición definida y fija.
- Para lograr movimientos suaves, circulares y directos, se debe trabajar de manera rítmica, siempre que sea posible. Y esto se puede lograr a través de los puntos anteriores, como pueden ser la disposición adecuada de los materiales y herramientas y a ciertas combinaciones de movimientos. (MEYERS, 2000. pp. 65)

### **2.3.6 Método Westinghouse**

Este método de valoración considera cuatro factores que son:

- Habilidad
- Esfuerzo
- Condiciones
- Consistencia.

Habilidad: se define como el aprovechamiento al seguir un método dado, el observador debe de evaluar y calificar dentro de seis clases la habilidad desplegada por el operario: habilísimo, excelente, bueno, medio, regular y malo. (MEYERS, 2000. pp. 65)

Esfuerzo: se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y es normalmente controlada en un alto grado por el operario. (MEYERS, 2000. pp. 65)

Condiciones: son aquellas circunstancias que afectan solo al operador y no a la operación. Los elementos que pueden afectar las condiciones de trabajo incluyen: temperatura, ventilación, monotonía, alumbrado, ruido, etc. (MEYERS, 2000. pp. 66)

Consistencia: es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador. Es sumamente importante considerar que una vez un elemento como la iluminación afecte un factor como las condiciones, se deberá descartar de considerarsele en la determinación de los suplementos. (MEYERS, 2000. pp. 66)

A continuación se muestra la tabla de valoraciones porcentuales con las que se trabajarán en cada una de las actividades en la fabricación de puertas forjadas.

**Tabla 4-2: Valoraciones**

<b>HABILIDAD</b>		<b>ESFUERZO</b>	
0,15	A1 HABILÍSIMO	0,13	A1 EXCESIVO
0,13	A2 – HABILÍSIMO	0,12	A2 - EXCESIVO
0,11	B1 EXCELENTE	0,1	B1 EXCELENTE
0,08	B2 - EXCELENTE	0,08	B2 - EXCELENTE
0,06	C1 BUENO	0,05	C1 BUENO
0,03	C2 – BUENO	0,02	C2 – BUENO
0	D – PROMEDIO	0	D - PROMEDIO
-0,05	E1 REGULAR	-0,04	E1 REGULAR
-0,1	E2 – REGULAR	-0,08	E2 - REGULAR
-0,15	F1 DEFICIENTE	-0,12	F1 DEFICIENTE
-0,22	F2 - DEFICIENTE	-0,17	F2 - DEFICIENTE
<b>CONDICIONES</b>		<b>CONSISTENCIA</b>	
0,06	A – IDEALES	0,04	A - PERFECTO
0,04	B - EXCELENTES	0,03	B - EXCELENTE
0,02	C - BUENAS	0,01	C - BUENA
0	D - PROMEDIO	0	D - PROMEDIO
-0,03	E - REGULARES	-0,02	E - REGULAR
-0,07	F - MALAS	-0,04	F - DEFICIENTE

Fuente: MINATI, 2012

### **2.3.7 Metodología AVA (Análisis de Valor Agregado)**

El Análisis de Valor Agregado es una evaluación que estudia la contribución de las actividades de un proceso con la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes o usuarios de los servicios de la organización. (TRUJILLO, 2005, pp. 89)

Por medio de ésta técnica se examina detalladamente las fases de un proceso, con la finalidad de determinar la medida en que agrega valor hacia el cliente principalmente, y se detecta además las actividades que no agregan dicho valor, con el objetivo de tomar las medidas correctivas necesarias para poder eliminar o reducir dichas actividades.

La empresa logra a través de la aplicación de esta técnica, tener procesos más efectivos, ser más productivos y competitivos en el mercado.

### **2.3.8 Diagrama de Precedencia**

El método del diagrama de precedencias (Precedence Diagramming Method o PDM) es una herramienta para la programación de actividades en la planeación de un proyecto. Es un método de construcción de un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza cajas, denominados nodos, para representar las actividades y los conecta con flechas que muestran las dependencias. (FONDAHL, 1962, pp. 93)

PDM o Método del Diagrama de Precedencias es una técnica de red de proyecto enfocada en las precedencias de las actividades. También se conoce como el método actividad en nodo.

### **2.3.9 Prueba U de Mann-Whitney**

Está considerada como una de las pruebas más potentes dentro del contexto no paramétrico y la alternativa ideal a la prueba “t” cuando ésta por las características del estudio no pueda realizarse. Las variables han de estar medidas en escala de intervalo u ordinal contemplándose dos procedimientos de cálculo, según el tamaño de la muestra: (SIEGEL, 1991, pp. 39)

Para muestras pequeñas (tamaño de, al menos un grupo  $\leq 8$  participantes)

$$U1 = n1 * n2 + [n1*(n1+1)/ 2] - R1$$

$$U2 = n1 * n2 + [n2*(n2+1)/ 2] - R2$$

Dónde: n1 y n2: número de sujetos de cada grupo

R1 y R2: suma de rangos correspondientes a cada grupo

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipos de estudio

La investigación puede ser de varios tipos, y en tal sentido se puede clasificar de distintas maneras, sin embargo es común hacerlo en función de su nivel, su diseño y su propósito.

No obstante, dada la naturaleza compleja de los fenómenos estudiados, por lo general, para abordarlos es necesario aplicar no uno sino una mezcla de diferentes tipos de investigación, de hecho es común que hallar investigaciones que son simultáneamente descriptivas y transversales, por solo mencionar un caso.

El tipo de estudio es importante ya que de este depende la estrategia de investigación. El diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos en estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, trátase de investigaciones cuantitativas cualitativas o mixtas.

A continuación se presentan dos tipos de estudio que se utilizan en el presente estudio.

##### 3.1.1 *Estudios exploratorios*

“Los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular, investigar problemas de comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridad para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones o postulados.” (SAMPIERI, 2007, pp. 59) Este tipo de estudio se producirá en la fase de recopilación de información para obtener los tiempos del proceso de fabricación de puertas.

##### 3.1.2 *Estudios descriptivos*

“Así como los estudios exploratorios se interesan fundamentalmente en descubrir y prefigurar, los descriptivos se centran en recolectar datos que muestren un evento, una comunidad, un fenómeno, hecho, contexto o situación que ocurre (para los investigadores cuantitativos medir



con la mayor precisión posible).” (SAMPIERI, 2007, pp. 59) Este tipo de investigación se la utilizará en el diseño de la propuesta del modelo de gestión que efectivice el proceso.

### **3.2. Métodos**

En el proceso de investigación científica se utilizan diversos métodos, según la ciencia de que trate y de acuerdo con las características concretas del objeto de estudio. Estos métodos están destinados a describir la verdad o confirmarla, mediante conclusiones ciertas y firmes. El método aplicado en el siguiente estudio es el Método Inductivo:

#### **3.2.1. Método Inductivo**

El método inductivo intenta ordenar la observación tratando de extraer conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares. (SAMPIERI, 2007, pp. 63)

La elaboración de una teoría siguiendo el método inductivo requiere un proceso que incluye una serie de etapas:

1. Observación y registro de los hechos.
2. Análisis y clasificación de los hechos.
3. Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos.

### **3.3. Técnicas e instrumentos para recolectar información**

Para el desarrollo del estudio de la situación actual se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

#### **3.3.1. Fuentes primarias**

Las fuentes primarias son:

**Técnica:** Encuesta

La encuesta es una técnica cuantitativa que consiste en una investigación realizada sobre una muestra de sujetos, representativa de un colectivo más amplio que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con el fin de conseguir mediciones cuantitativas sobre una gran cantidad de características objetivas y subjetivas de la población. (SAMPIERI, 2007, pp. 64)

Es así que, para el levantamiento de información y con el fin de obtener información relevante acerca de la situación actual de la empresa, se planteará un cuestionario con preguntas de tipo cerrado que proporcionen información acerca de los tiempos y movimientos empleados en la fabricación de puertas forjadas; la encuesta será aplicada al personal operativo (4) de la empresa Vicoalmin en la planta de producción de la misma.

**Instrumento:** Cuestionario de encuesta (Ver Anexo A)

### **Técnica: Observación**

Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia. Es un método que permite obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos. La determinación de qué se va a observar estará determinada por lo que se está investigando, pero generalmente se observan características y condiciones de los individuos, conductas, actividades y características o factores ambientales. (SAMPIERI, 2007, pp. 65)

En el desarrollo de la investigación será necesario que la investigadora tome los tiempos del proceso de producción, con la finalidad de hacer el levantamiento de información necesario por medio de fichas de información que reflejen todos los datos necesarios para determinar los tiempos reales utilizados y movimientos dentro del procesos de producción de puertas forjadas.

**Instrumento:** Ficha de observación (Ver Anexo B)

### **3.3.2. Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias se realizarán directamente de los registros de la empresa, de información estadística de organismos gubernamentales y no gubernamentales pertinentes, y de referencias bibliográficas afines al tema de estudio.

### **3.4. Instrumentos para el análisis de información**

En el análisis de datos hay muchos más aspectos implicados además del propio análisis. Antes de llevarlo a cabo, debe tener sus datos listos y después, una vez realizado, preparar los resultados obtenidos y ponerlos a disposición de los potenciales usuarios.

El procesamiento estadístico de datos se realiza en Excel a través de presentación de tablas de distribución de frecuencias, gráficas de pastel y barras.

Excel proporciona todos los productos necesarios para llevar a cabo el proceso analítico: desde la planificación y la gestión de los datos hasta la distribución de los resultados. Supone una gran ventaja el hecho de valerse del mismo proveedor para todos los productos utilizados en el mismo proceso analítico.

### 3.5. Población y muestra

Población: Corresponde al número de puertas fabricadas mensualmente.

Muestra: Para el cálculo de la muestra se utilizará la siguiente fórmula, (MOORE, 2005, pp. 59):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Nk^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

N: Tamaño de la Población (10763).

Z: Nivel de confianza (0,95: 1,96)

K: Limite de aceptación de error muestral (5%: 0.05)

p: Nivel de aceptación (0,5)

q: Nivel de rechazo (1-p): 0,5

n: Tamaño de la muestra a determinar.

A continuación se calcula la muestra de puertas forjadas :

$$n = \frac{(8)(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(8)(0,05)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$
$$n = 8 \text{ puertas}$$

Se consideran 8 puertas para el análisis respectivo de los tiempos empleados en la elaboración de los mismos.

### 3.6. Análisis de la situación actual

Para el análisis de la situación actual se han considerado los resultados obtenidos en la siguiente encuesta:

**Tabla 1-3: Encuesta**

<b>ENCUESTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA VICOALMIN</b>	4	
1. ¿Considera usted que la empresa cuenta con la infraestructura adecuada para la producción de puertas forjadas?	#	%
SI	4	100%
NO	0	0%
	4	100%
Los operarios coinciden en que existe en la empresa infraestructura adecuada.		
2. ¿Considera usted que la empresa cuenta con herramientas y equipos adecuados para la producción de puertas forjadas?	#	%
SI	4	100%
NO	0	0%
	4	100%
Los operarios coinciden en que existe en la empresa herramientas y equipos adecuados.		
3. ¿Considera usted que la empresa cuenta con la cantidad adecuada de herramientas y equipos en función de sus trabajadores?	#	%
SI	0	0%
NO	4	100%
	4	100%
Los operarios coinciden en que no existe la cantidad adecuada de equipos y herramientas en función de la cantidad de trabajadores, es decir, existen equipos y herramientas que deben ser compartidas entre las estaciones de trabajo, lo cual crea tiempos de espera.		
4. ¿Considera usted que la empresa distribuye adecuadamente las cargas laborales de sus trabajadores?	#	%
SI	4	100%
NO	0	0%
	4	100%
Los operarios consideran que si se distribuyen adecuadamente las cargas laborales, ya que cada uno trabaja en su estación y trabajan proyectos individualmente.		

**Realizado por:** Doris Mosquera 2015

**Tabla 2-3: Resultados encuesta**

5. ¿Realiza la empresa control de existencias de los materiales a utilizarse en la producción?	#	%
SI	0	0%
NO	4	100%
	4	0%

En la empresa no se realizan controles de las existencias de materiales para la producción, lo cual frecuentemente causa tiempos muertos por esperas hasta realizar pedidos a proveedores y recibir dichos materiales.		
6. ¿Considera usted que la distribución actual de la planta le permite realizar las actividades en forma cómoda y eficiente?	#	%
SI	3	75%
NO	1	25%
	4	100%
Uno de los 4 operarios considera que no se tiene una adecuada distribución de la planta para realizar sus labores, dicho operario menciona ello debido a los movimientos que se deben realizar porque las estaciones no cuentan con todas las herramientas y equipos.		
7. ¿Cuáles considera usted que son las principales causas para que se detenga la producción?	#	%
Desabastecimiento de materia prima	4	100%
Falla en los equipos	3	75%
Falla en operarios	2	50%
Insuficiente personal	0	0%
Baja demanda del producto	4	100%
Mala planificación	0	0%
Las mayores causas para la para de producción según la percepción de los operarios son el desabastecimiento de materias primas, la baja demanda del producto y la falla en los equipos.		
8. ¿Considera usted que el tiempo de producción de puertas forjadas podría disminuirse?	#	%
SI	4	100%
NO	0	0%
Los operarios coinciden en que el tiempo de producción pueden disminuirse.		
9. Mencione las soluciones que considera necesarias para disminuir el tiempo de producción.	#	%
Instalación de hornos de secado o ventiladores	2	50%
Dotar cada estación de trabajo con todos los equipos necesarios	4	100%
Tener la bodega de materiales siempre con stock de materias primas	4	100%
Aumentar personal	1	25%
Dividir el trabajo para los operarios	2	50%

Los operarios manifiestan que la empresa debe dotar las estaciones de trabajo con todos los equipos con la finalidad de evitar movimientos hacia los equipos existentes actualmente; además consideran que se debe realizar una gestión adecuada del inventario de materiales; mencionan también que se pueden instalar sistemas que aceleren el secado de pintura; y finalmente consideran que se podría realizar una producción en línea entre las estaciones y no proyectos individuales.

Fuente: VICOLMIN, 2015

Realizado por : Doris Mosquera 2015

### **3.6.1 Descripción del proceso de construcción de puertas forjadas de la empresa Vicoalmin**

El proceso de construcción de puertas forjadas consiste en un sistema de producción intermitente (taller), donde el propósito es llegar a tener una puerta forjada terminada, a través de un proceso manual.

Subprocesos:

- Revisión de materiales
- Corte de piezas
- Forma de piezas según diseño
- Fragua de piezas
- Suelda de piezas
- Pulmento de puerta
- Lavado de puerta
- Fondeo de puerta
- Pintura de puerta

#### **3.6.1.1 Revisión de materiales**

En esta subproceso, el operario encargado de la construcción de la puerta verifica la existencia de materiales en la bodega de la empresa, en el caso de no existir los materiales necesarios se comunica al propietario de la empresa para que realice el pedido correspondiente a los proveedores.

Los materiales requeridos para la elaboración de una puerta forjada son los siguientes:

- 1 correa G de 6 m (80 mm x 2 mm)
- 1 Tubo cuadrado de 6m (40 mm x 2 mm)
- 6 Varillas cuadradas de 6m ( ½”)

- Bisagras de 5/8"
- Tol antideslizante de 90x50 cm
- Chapa travex de 300
- 1 Platina de  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  "
- 1 Platina con guía  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{8}$  "
- 3 Visagras
- Disco de pulido
- Disco de corte
- Electrodo
- Batepiedra
- Cobre
- Barniz
- Antioxidante
- Fondo adherente
- Pintura

#### **3.6.1.2** *Corte de piezas*

Dentro de este subproceso, el operario realiza las mediciones de los materiales según el diseño requerido por el cliente, realiza las marcas para los cortes y posteriormente se sujetan los materiales en la entenalla para cortarlas con la tronzadora.

Los materiales a cortar son los siguientes:

- 1 correa G de 6 m (80 mm x 2 mm)
- 1 Tubo cuadrado de 6m (40 mm x 2 mm)
- 6 Varillas cuadradas de 6m ( $\frac{1}{2}$ " )

#### **3.6.1.3** *Forma de piezas*

Posterior al corte se procede a dar forma a las piezas, en base al diseño de la puerta seleccionada, este proceso inicia al montar las piezas que requieren doblés en la varoladora, donde el operario realizará las formas requeridas según el diseño seleccionado por el cliente.

#### **3.6.1.4** *Fraguar piezas*

El proceso de fragua consiste en el sometimiento de las piezas metálicas a elevadas temperaturas según requiera el diseño, cuando las piezas están incandescentes son golpeadas con un martillo y

contra un yunque de metal, hasta darles la forma requerida, posterior a ello son enfriadas con agua.

#### **3.6.1.5** *Soldar piezas*

La suelda consiste en la unión de las piezas metálicas como son el marco, la hoja y el toldo, dicha unión se realiza con la suelda de arco, para lo cual se utilizan electrodos 6011 y 6013, de tipo E100XX quiere decir que tiene una resistencia de 100 libras por pulgada cuadrada.

#### **3.6.1.6** *Pulir*

El proceso de pulido consiste en desaparecer las imperfecciones dejadas en el metal por la suelda, para dicha finalidad se utiliza la amoladora, la cual con un disco de tipo 41/2 115mm, pule las imperfecciones.

#### **3.6.1.7** *Lavar piezas*

El lavado consiste en la aplicación de dos manos de anticorrosivo Probase, que es un desoxidante de metal, se aplica por medio de un soplete que es sustentado por un compresor; para su aplicación el operario debe utilizar guantes y gafas ya que es un químico fuerte.

#### **3.6.1.8** *Fondear piezas*

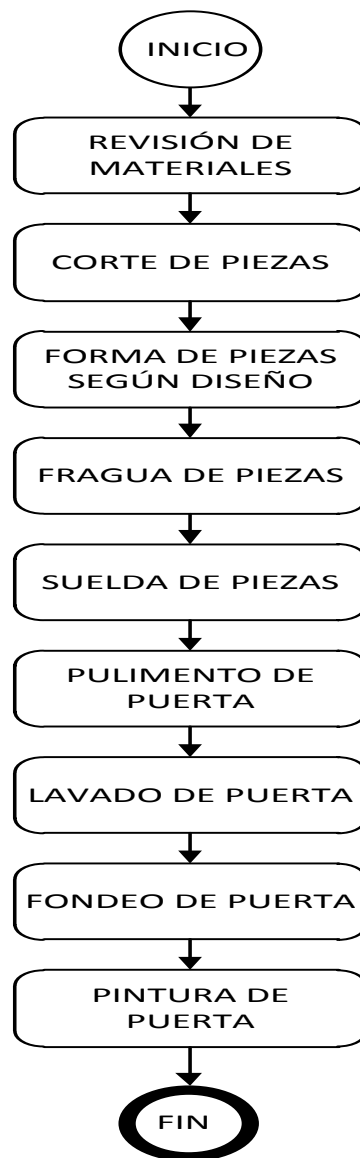
Al igual que el proceso anterior, se utiliza un soplete y un compresor, a diferencia que en éste proceso se aplica un químico que proporciona adherencia al metal, como preparación al proceso de pintura.

#### **3.6.1.9** *Pintar piezas*

Consiste en proporcionar a la puerta ya construida su color definitivo, de igual manera por medio de un soplete y un compresor, se aplica pintura acrílica de látex.

La pintura viene en presentación para ser aplicada directamente sin preparación previa.





**Figura 1-3:** Diagrama de flujo

Fuente: VICOALMIN

Con la finalidad de realizar el análisis técnico del proceso de construcción de puertas forjadas, es necesario conocer el proceso con las actividades que integra.

En este diagrama se representa el momento en que se construye cada pieza de una manera general de flujo para reconocimiento de proceso, además muestra la forma lineal del proceso de ensamblaje.

A continuación se describe la secuencia de producción:

**Tabla 3-3:** Actividades para elaboración de puertas forjadas

<b>CONSTRUCCIÓN PUERTA FORJADA</b>	
<b>1.-Revisión de materiales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar existencias con check list</li> <li>- Seleccionar materiales</li> <li>- Solicitar materiales</li> <li>- Trasladar materiales a corte</li> </ul>	
<b>2.-Corte de piezas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir materiales</li> <li>- Colocar materiales en mesa de corte</li> <li>- Cortar piezas según diseño</li> <li>- Trasladar piezas a forma</li> </ul>	
<b>3.-Forma de piezas según diseño</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar piezas en la varoladora</li> <li>- Dar forma según diseño</li> <li>- Trasladar piezas a fragua</li> </ul>	
<b>3.-Fragua de piezas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calentar piezas para forjar</li> <li>- Forjar piezas según forma requerida</li> <li>- Enfriar piezas</li> <li>- Trasladar piezas a suelda</li> </ul>	
<b>3.-Suelda de piezas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fijar marco</li> <li>- Fijar hoja</li> <li>- Fijar toldo o verja</li> <li>- Trasladar piezas a pulido</li> </ul>	
<b>4.-Pulmento de puerta</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulir fallas</li> <li>- Trasladar piezas a lavado</li> </ul>	
<b>5.-Lavado de puerta</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar antioxidante</li> <li>- Aplicar antioxidante</li> <li>- Trasladar piezas a fondeo</li> </ul>	
<b>6.-Fondeo de puerta</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar químico de adherencia</li> <li>- Aplicar capa de adherencia</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secar puerta</li> <li>- Trasladar puerta a pintura</li> </ul>
<b>7.-Pintura de puerta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar pintura</li> <li>- Aplicar pintura</li> <li>- Secar puerta</li> <li>- Trasladar a despacho</li> </ul>

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Fuente: VICOALMIN

### 3.7 Proceso metodológico para el análisis de la construcción de puertas forjadas

#### 3.7.1 Tiempo estándar

Para realizar el cálculo del tiempo estándar se ha utilizado la siguiente tabla de suplementos de la OIT.

Tabla 4-3: Suplementos OIT

Suplementos constantes	H	M	Suplementos variables	H	M
Por necesidades personales	5	7	Mala iluminación		
Por fatiga	4	4	Ligeramente por debajo	0	0
<b>Suplementos variables</b>			Bastante por debajo	2	2
Por trabajar de pie	2	4	Absolutamente insuficiente	5	5
Por postura anormal			Concentración intensa		
Ligeramente incómodo	0	1	Trabajo de cierta presión	0	0
Inclinado	2	3	Fatigoso	2	2
Echado estirado	7	7	Muy fatigoso	5	5
Uso de fuerza muscular Kg			Ruidos		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
7,5	2	3	Intermitente y muy fuerte	2	2
10	3	5	Estridente y fuerte	5	5
12,5	4	6	<b>Suplementos variables</b>		
15	5	8	Tensión mental		
17,5	7	10	Proceso bastante complejo	1	1
20	9	13	Proceso complejo	4	4
22,5	11	16	Muy complejo	8	8
25	13	20	Monotonía		
30	17		Algo monótono	0	0
35,5	22		Bastante monótono	1	1
Condiciones admosféricas Mili cal/cm <sup>2</sup> /s			Muy monótono	4	4
16	0	0	Tedio		
14	0	0	Algo aburrido	0	0
12	0	0	Aburrido	2	1
10	0,3	0,3	Muy aburrido	5	2
8	1	1			
6	2,1	2,1			
5	3,1	3,1			
4	4,5	4,5			

3	6,4	6,4			
2	10	10			

**Fuente:** OIT,2012

Se procede al cálculo de los tiempos promedios y determinar los valores que caen fuera del rango permisible, escogiendo los valores máximos y mínimos de tiempo para cada actividad en la elaboración de puertas forjadas de la industria Vicoalmin, obteniendo como resultado el siguiente cuadro.

**Tabla 5-3:** Tiempo promedio (TM)

<b>CICLO</b>	<b>Revisión de materiales</b>	<b>Corte de piezas</b>	<b>Forma de piezas según diseño</b>	<b>Fragua de piezas</b>	<b>Suelda de piezas</b>	<b>Pulimento de puerta</b>	<b>Lavado de puerta</b>	<b>Fondeo de puerta</b>	<b>Pintura de puerta</b>
1	22,41	154,33	238,21	86,14	306,32	67,45	71,45	211,32	758,26
2	96,54	129,23	267,33	79,05	274,34	54,26	58,26	286,43	760,29
3	23,01	146,32	276,3	98,35	298,08	43,33	47,33	265,48	751,25
4	26,09	156,29	306,11	86,07	289,45	49,07	53,07	233,12	753,22
5	172,32	165,42	287,43	104,32	289,03	48,04	52,04	279,05	762,23
6	85,12	165,44	304,07	97,28	303,54	52,23	56,59	224,25	761,46
7	25,02	172,54	319,15	99,29	295,28	48,23	52,54	203,07	753,11
8	24,11	175,34	338,01	111,01	285,23	56,21	60,21	189,54	759,02
<b>Tmáx</b>	172,32	165,44	338,01	111,01	306,32	67,45	71,45	265,48	762,23
<b>TM</b>	59,33	158,11	292,08	95,19	292,66	52,35	56,44	236,53	757,36
<b>Tmin</b>	22,41	129,23	238,21	79,05	274,34	43,33	47,33	286,43	751,25

Realizado por: Doris Mosquera 2015

### 3.7.1.1 Método Westinghouse

Este método de valoración considera cuatro factores que son:

- Habilidad
- Esfuerzo
- Condiciones
- Consistencia.

A continuación se muestra la tabla de valoraciones porcentuales.

**Tabla 6-3.** Valoraciones

HABILIDAD		ESFUERZO	
0,15	A1 HABILÍSIMO	0,13	A1 EXCESIVO
0,13	A2 – HABILÍSIMO	0,12	A2 - EXCESIVO
0,11	B1 EXCELENTE	0,1	B1 EXCELENTE
0,08	B2 - EXCELENTE	0,08	B2 – EXCELENTE
0,06	C1 BUENO	0,05	C1 BUENO
0,03	C2 – BUENO	0,02	C2 – BUENO
0	D – PROMEDIO	0	D - PROMEDIO
-0,05	E1 REGULAR	-0,04	E1 REGULAR
-0,1	E2 – REGULAR	-0,08	E2 – REGULAR
-0,15	F1 DEFICIENTE	-0,12	F1 DEFICIENTE
-0,22	F2 – DEFICIENTE	-0,17	F2 – DEFICIENTE
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0,06	A – IDEALES	0,04	A - PERFECTO
0,04	B – EXCELENTES	0,03	B - EXCELENTE
0,02	C - BUENAS	0,01	C - BUENA
0	D - PROMEDIO	0	D - PROMEDIO
-0,03	E - REGULARES	-0,02	E - REGULAR
-0,07	F - MALAS	-0,04	F - DEFICIENTE

Fuente: MINATI, 2012

Utilizando la tabla de valoración del método Westinghouse, se procede a hallar el factor de valoración para el trabajador en la empresa, para cada una de las actividades del proceso; a continuación se presenta el cálculo de la actividad de verificación de existencias a manera de ilustración:

Habilidad	Excelente	0,13	FV= Act. Normal+Valoración
Esfuerzo	Bueno	0,08	FV= 1+0,26
Condición	Buenas	0,02	FV= 1,26
Consistencia	Regular	0,03	
		<hr/> 0,26	

Teniendo los datos de factor de valoración de cada actividad, se procede a calcular el tiempo normal; cabe destacar que el factor de valoración para cada actividad varía según las condiciones de la misma.

**Tabla 7-3** Tiempo Normal (TN)

PROCESO	TIEMPO PROMEDIO	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	FV= 1+H+E+C+C	TN=T PROMEDIO* FV
<b>Revisión de materiales</b>	<b>59,33</b>						<b>74,76</b>
Verificar existencias	7,32	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	9,22
Seleccionar materiales	6,46	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	8,14
Solicitar materiales	40,21	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	50,66
Trasladar materiales a corte	5,34	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	6,73
<b>Corte de piezas</b>	<b>158,10</b>						<b>185,45</b>
Medir materiales	35,14	0,03 (bueno)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,08	37,95
Colocar materiales en mesa de corte	13,46	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,24	16,69
Cortar piezas según diseño	102,37	0,08 (excelente)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,19	121,82
Trasladar piezas a forma	7,13	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	8,98
<b>Forma de piezas según diseño</b>	<b>292,08</b>						<b>331,67</b>
Colocar piezas en la varoladora	14,54	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	16,43
Dar forma según diseño	265,11	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	299,57
Trasladar piezas a fragua	12,43	0,13 (habilísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	15,66
<b>Fragua de piezas</b>	<b>95,19</b>						<b>105,40</b>
Calentar piezas para forjar	23,35	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	26,39
Forjar piezas según forma requerida	57,52	0,03 (bueno)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,08	62,12
Enfriar piezas	14,32	0,13 (habilísimo)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,18	16,90
Trasladar piezas a suelda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
<b>Suelda de piezas</b>	<b>292,66</b>						<b>330,71</b>
Fijar marco	89,23	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	100,83
Fijar hoja	107,32	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	121,27
Fijar toldo o verja	96,11	0,08 (excelente)	0,02 (bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	108,60
Trasladar puerta a pulido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00



<b>Pulimento de puerta</b>	<b>52,35</b>						<b>61,77</b>
Pulir fallas	52,35	0,13 (habilísimo)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,18	61,77
Trasladar piezas a lavado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
<b>Lavado de puerta</b>	<b>56,44</b>						<b>63,78</b>
Preparar antioxidante	11,32	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	12,79
Aplicar antioxidante	45,12	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	50,99
Trasladar piezas a fondeo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
<b>Fondeo de puerta</b>	<b>166,53</b>						<b>176,48</b>
Preparar químico de adherencia	15,32	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	17,31
Aplicar capa de adherencia	61,21	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	69,17
Secar puerta	90,00	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	1	90,00
Trasladar puerta a pintura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
<b>Pintura de puerta</b>	<b>757,36</b>						<b>794,48</b>
Preparar pintura	11,07	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	12,51
Aplicar pintura	258,08	0,08 (excelente)	0,02 ( bueno)	0,02 (buenas)	0,01 (buena)	1,13	291,63
Secar puerta	480,00	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	0,00 (promedio)	1	480,00
Trasladar a despacho	8,21	0,13 (habísimo)	0,08 (excelente)	0,02 (buenas)	0,03 (excelente)	1,26	10,34

**Realizado por:** Doris Mosquera 2015

Habiendo hallado el tiempo normalizado se calcula el porcentaje de suplemento utilizando la tabla de la OIT anteriormente citada, para cada una de las actividades; a manera de ilustración se presenta el cálculo de suplemento para el caso de verificación de existencias.

**Tabla 7-3:** Suplemento Vicoalmin

<b>SUPLEMENTO</b>	
<b>CONSTANTE</b>	
Por necesidades	5
<b>VARIABLE</b>	
<b>Ruidos</b>	
Intermitente y fuerte	2

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Entonces se puede afirmar que el suplemento para el caso de verificación de existencias es de 7 %; en la siguiente tabla se tiene el cálculo de suplementos considerando el tipo de actividades que se realizan en el proceso y los factores que intervienen en el mismo.

Es importante mencionar que en la tabla se citan los pesos que deben cargar los operarios en cada actividad que corresponda traslado o carga, lo cual se referencia con su respectivo suplemento.

**Tabla 8-3: Tiempo Estándar (TS)**

	TIEMPO MEDIO	FV	TN						
				SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES		TOTAL SUPLEMENTO	TIEMPO ESTÁNDAR
<b>Revisión de materiales</b>	<b>59,33</b>		<b>74,76</b>						<b>80,26</b>
Verificar existencias	7,32	1,26	9,22	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	9,87
Seleccionar materiales	6,46	1,26	8,14	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	8,71
Solicitar materiales	40,21	1,26	50,66	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	54,21
Trasladar materiales a corte	5,34	1,26	6,73	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 12.5 kg (4%)	11%	7,47
<b>Corte de piezas</b>	<b>158,10</b>		<b>185,45</b>						<b>203,83</b>
Medir materiales	35,14	1,08	37,95	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	40,61
Colocar materiales en mesa de corte	13,46	1,24	16,69	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	8%	18,03
Cortar piezas según diseño	102,37	1,19	121,82	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		11%	135,22
Trasladar piezas a forma	7,13	1,26	8,98	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 12.5 kg (4%)	11%	9,97
<b>Forma de piezas según diseño</b>	<b>292,08</b>		<b>331,67</b>						<b>367,66</b>
Colocar piezas en la varoladora	14,54	1,13	16,43	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	8%	17,74
Dar forma según diseño	265,11	1,13	299,57	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		11%	332,53
Trasladar piezas a fragua	12,43	1,26	15,66	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 12.5 kg (4%)	11%	17,38
<b>Fragua de piezas</b>	<b>95,19</b>		<b>105,40</b>						<b>116,83</b>
Calentar piezas para forjar	23,35	1,13	26,39	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	8%	28,50

Forjar piezas según forma requerida	57,52	1,08	62,12	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	69,58
Enfriar piezas	14,32	1,18	16,90	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		11%	18,76
Trasladar piezas a suelda	0,00	0	0,00					0%	0,00
<b>Suelda de piezas</b>	<b>292,66</b>		<b>330,71</b>						<b>370,39</b>
Fijar marco	89,23	1,13	100,83	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	112,93
Fijar hoja	107,32	1,13	121,27	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	135,82
Fijar toldo o verja	96,11	1,13	108,60	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	121,64
Trasladar puerta a pulido	0,00	0	0,00					0%	0,00
<b>Pulimento de puerta</b>	<b>52,35</b>		<b>61,77</b>						<b>69,19</b>
Pulir fallas	52,35	1,18	61,77	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	69,19
Trasladar piezas a lavado	0,00	0	0,00					0%	0,00
<b>Lavado de puerta</b>	<b>56,44</b>		<b>63,78</b>						<b>70,79</b>
Preparar antioxidante	11,32	1,13	12,79	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	13,69
Aplicar antioxidante	45,12	1,13	50,99	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	57,10
Trasladar piezas a fondeo	0,00	0	0,00					0%	0,00
<b>Fondeo de puerta</b>	<b>236,53</b>		<b>246,48</b>						<b>267,19</b>
Preparar químico de adherencia	15,32	1,13	17,31	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	18,52
Aplicar capa de adherencia	61,21	1,13	69,17	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	77,47
Secar puerta	160,00	1	160,00	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	171,20
Trasladar puerta a pintura	0,00	0	0,00					0%	0,00
<b>Pintura de puerta</b>	<b>757,36</b>		<b>794,48</b>						<b>866,96</b>

Preparar pintura	11,07	1,13	12,51	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	13,38
Aplicar pintura	258,08	1,13	291,63	Nec. Pers. (5%)	Fatiga (4%)	Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 5 kg (1%)	12%	326,63
Secar puerta	480,00	1	480,00	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)		7%	513,60
Trasladar a despacho	8,21	1,26	10,34	Nec. Pers. (5%)		Ruido, Interm. Y fuerte (2%)	Fuerza muscular, 35.5 Kg (22%)	29%	13,34
<b>TIEMPO EN MINUTOS</b>									<b>2413,08</b>
<b>TIEMPO EN HORAS</b>									<b>40,21</b>
<b>TIEMPO EN DÍAS</b>									<b>5,03</b>

**Tabla 9-3:** (TS) Resumen

DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR
<b>Revisión de materiales</b>	<b>80,26</b>
Verificar existencias	9,87
Seleccionar materiales	8,71
Solicitar materiales	54,21
Trasladar materiales a corte	7,47
<b>Corte de piezas</b>	<b>203,83</b>
Medir materiales	40,61
Colocar materiales en mesa de corte	18,03
Cortar piezas según diseño	135,22
Trasladar piezas a forma	9,97
<b>Forma de piezas según diseño</b>	<b>367,66</b>
Colocar piezas en la varoladora	17,74
Dar forma según diseño	332,53
Trasladar piezas a fragua	17,38
<b>Fragua de piezas</b>	<b>116,83</b>
Calentar piezas para forjar	28,50
Forjar piezas según forma requerida	69,58
Enfriar piezas	18,76
Trasladar piezas a suelda	0,00

<b>Suelda de piezas</b>	<b>370,39</b>
Fijar marco	112,93
Fijar hoja	135,82
Fijar toldo o verja	121,64
Trasladar puerta a pulido	0,00
<b>Pulimento de puerta</b>	<b>69,19</b>
Pulir fallas	69,19
Trasladar piezas a lavado	0,00
<b>Lavado de puerta</b>	<b>70,79</b>
Preparar antioxidante	13,69
Aplicar antioxidante	57,10
Trasladar piezas a fondeo	0,00
<b>Fondeo de puerta</b>	<b>267,19</b>
Preparar químico de adherencia	18,52
Aplicar capa de adherencia	77,47
Secar puerta	171,20
Trasladar puerta a pintura	0,00
<b>Pintura de puerta</b>	<b>866,96</b>
Preparar pintura	13,38
Aplicar pintura	326,63
Secar puerta	513,60
Trasladar a despacho	13,34
<b>TIEMPO EN MINUTOS</b>	<b>2413,08</b>
<b>TIEMPO EN HORAS</b>	<b>40,21</b>
<b>TIEMPO EN DÍAS</b>	<b>5,03</b>

Realizado por: Doris Mosquera 2015

### 3.7.2 Diagrama de proceso del análisis de construcción de puertas forjadas

Aquí se determina con mayor profundidad el proceso de construcción de puertas forjadas, lo cual con la ayuda del cronómetro se determinan los tiempos de las operaciones, transportes, inspecciones, además con instrumentos de medición se pudieron determinar las distancias que recorren los materiales y piezas en la construcción del producto. Sin embargo en este diagrama ya se reconoce el número de actividades que se encuentran a lo largo del proceso, también se detallan estas características en la hoja de diagrama de proceso que se presenta a continuación:

**Tabla 10-3: Diagrama de procesos**

DIAGRAMA DE PROCESO												
Diagrama N.			ACTIVIDAD		TIEMPO							
Objeto:			Operación		1651,49							
Proceso:			Transporte		48,17							
Lugar:			Espera		703,56							
Operario:			Inspección		9,87							
Compuesto por:		Fecha:	Almacenamiento		0							
Aprobado por:		Fecha:	TIEMPO (min)		2413,08							
DESCRIPCIÓN	CAN T.	DISTANCIA	TIEMPO (min)	FACTOR DE VALORAC.	SUPL.	TIEMPO ESTÁNDAR						OBSERVACIONES
Revisión de materiales			59,33			80,26						
Verificar existencias	1		7,32	1,26	7%	9,87				X		Check list
Seleccionar materiales	1		6,46	1,26	7%	8,71	X					1 correa C de 80 cm, Tubo cuadrado de 40cm, Varillas cuadradas de ½”, Bisagras de 5/8”, Tol antideslizante de 90x50 cm, Chapa travex de 300, Platinas de ½ x ¼ “,Platina con guía ¾ x 1/8”, electrodos, batepiedra, cobre, barniz.
Solicitar materiales	1		40,21	1,26	7%	54,21	X					
Trasladar materiales a corte	1	8,76	5,34	1,26	11%	7,47		X				1 correa C de 80 cm, Tubo cuadrado de 40cm, Varillas cuadradas de ½”, Platina con guía ¾ x 1/8”.
Corte de piezas			158,10			203,83						
Medir materiales	1		35,14	1,08	7%	40,61	X					Uso flexómetro estándar
Colocar materiales en mesa de corte	1		13,46	1,24	8%	18,03	X					1 correa C de 80 cm, Tubo cuadrado de 40cm, Varillas cuadradas de ½”, Platina con guía ¾ x 1/8”.
Cortar piezas según diseño	1		102,37	1,19	11%	135,22	X					Uso de entenalla y tronzadora
Trasladar piezas a forma	1	3,49	7,13	1,26	11%	9,97		X				
Forma de piezas según diseño			292,08			367,66						
Colocar piezas en la varoladora	1		14,54	1,13	8%	17,74	X					Varillas cuadradas de ½”, Platina con guía ¾ x 1/8”.
Dar forma según diseño	1		265,11	1,13	11%	332,53	X					Uso de varoladora
Trasladar piezas a fragua	1	5,06	12,43	1,26	11%	17,38		X				
Fragua de piezas			95,19			116,83						

Calentar piezas para forjar	1		23,35	1,13	8%	28,50	X					Aplicación de fuego para forja en Varillas cuadradas de ½"
Forjar piezas según forma requerida	1		57,52	1,08	12%	69,58	X					
Enfriar piezas	1		14,32	1,18	11%	18,76			X			
Trasladar piezas a suelda	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Suelda de piezas</b>			<b>292,66</b>			<b>370,39</b>						
Fijar marco	1		89,23	1,13	12%	112,93	X					Uso de suelda
Fijar hoja	1		107,32	1,13	12%	135,82	X					Uso de suelda
Fijar toldo o verja	1		96,11	1,13	12%	121,64	X					Uso de suelda
Trasladar puerta a pulido	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Pulimento de puerta</b>			<b>52,35</b>			<b>69,19</b>						
Pulir fallas	1		52,35	1,18	12%	69,19	X					Uso de amoladora
Trasladar piezas a lavado	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Lavado de puerta</b>			<b>56,44</b>			<b>70,79</b>						
Preparar antioxidante	1		11,32	1,13	7%	13,69	X					Aplicación de antioxidante , uso de compresor y soplete
Aplicar antioxidante	1		45,12	1,13	12%	57,10	X					
Trasladar piezas a fondeo	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Fondeo de puerta</b>			<b>236,53</b>			<b>267,19</b>						
Preparar químico de adherencia	1		15,32	1,13	7%	18,52	X					Aplicación de fondo para adherencia, uso de compresor y soplete
Aplicar capa de adherencia	1		61,21	1,13	12%	77,47	X					
Secar puerta	1		160,00	1	7%	171,20			X			
Trasladar puerta a pintura	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Pintura de puerta</b>			<b>757,36</b>			<b>866,96</b>						
Preparar pintura	1		11,07	1,13	7%	13,38	X					
Aplicar pintura	1		258,08	1,13	12%	326,63	X					Aplicación de pintura, uso de compresor y soplete
Secar puerta	1		480,00	1	7%	513,60			X			
Trasladar a despacho	1	13,5	8,21	1,26	29%	13,34		X				
<b>TOTAL</b>		<b>30,81</b>	<b>2000,04</b>			<b>2413,08</b>	<b>MINUTOS</b>					
						<b>40,22</b>	<b>HORAS</b>					
						<b>5,03</b>	<b>DÍAS</b>					

Elaborado por: Doris Mosquera 2015











### 3.7.3 Diagrama de operaciones del proceso de construcción de puertas forjadas

Con este diagrama se han determinado los tiempos muertos dentro del proceso, haciendo referencia solamente a las operaciones y sus tiempos; así también se pudo determinar los tiempos improductivos o reducibles, en este punto se establece el dominio del proceso productivo.

Las operaciones encontradas son:

**Tabla 11-3:** Proceso de construcción

<b>CONSTRUCCIÓN PUERTA FORJADA</b>	
<b>1.-Corte de piezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir materiales</li> <li>- Cortar piezas según diseño</li> </ul>	
<b>2.-Forma de piezas según diseño</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar forma según diseño</li> </ul>	
<b>Fragua de piezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calentar piezas para forjar</li> <li>- Forjar piezas según forma requerida</li> </ul>	
<b>3.-Suelta de piezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fijar marco</li> <li>- Fijar hoja</li> <li>- Fijar toldo o verja</li> </ul>	
<b>4.-Pulmento de puerta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulir fallas</li> </ul>	
<b>5.-Lavado de puerta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar antioxidante</li> <li>- Aplicar antioxidante</li> </ul>	
<b>6.-Fondeo de puerta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar químico de adherencia</li> <li>- Aplicar capa de adherencia</li> </ul>	
<b>7.-Pintura de puerta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar pintura</li> <li>- Aplicar pintura</li> </ul>	

Realizado por: Doris Mosquera 2015

**Tabla 12-3.** Diagrama de operaciones del proceso actual

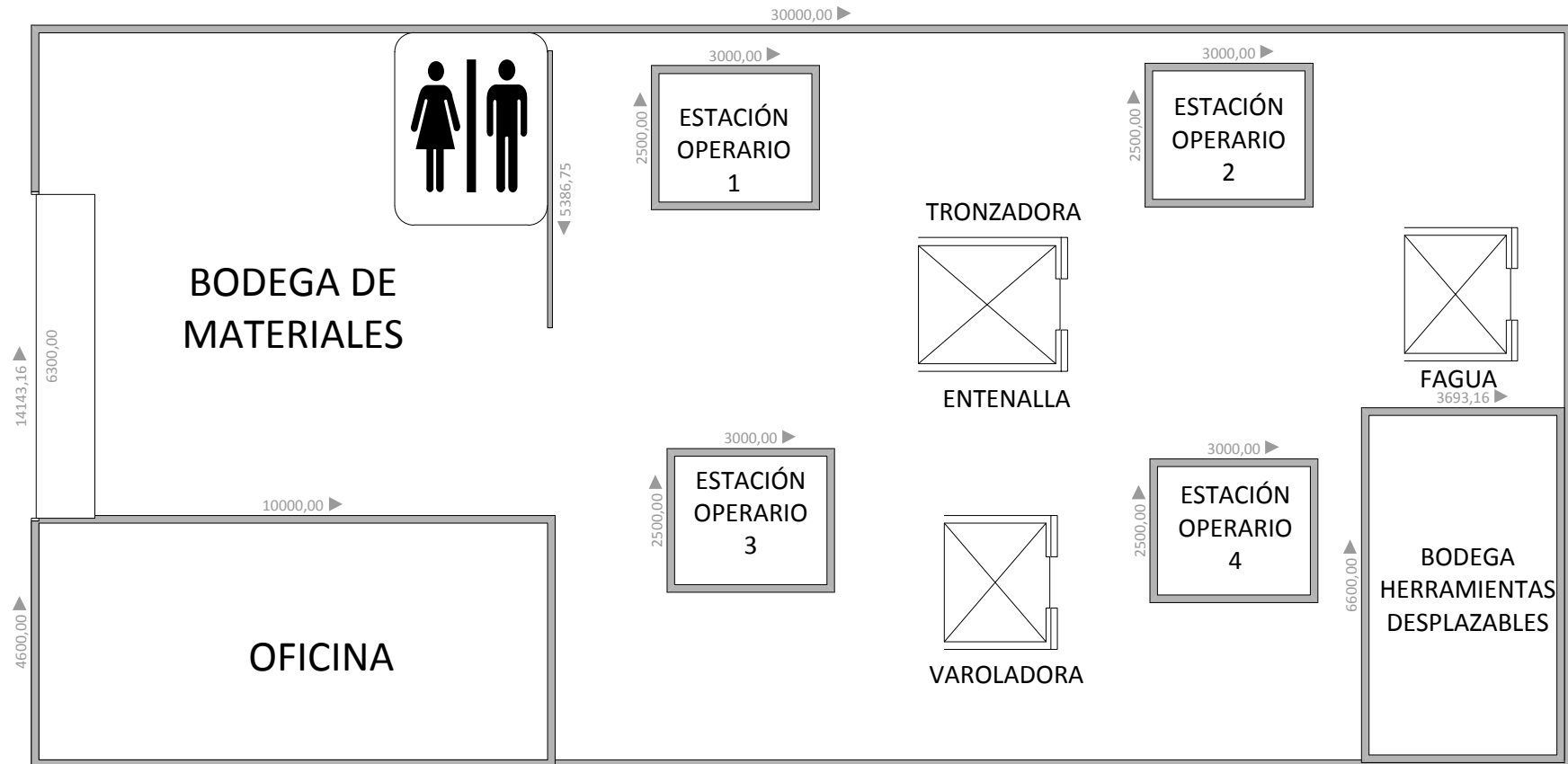
DESCRIPCIÓN	TIEMPO	DIAGRAMA
Verificar existencias	9,87	
Seleccionar materiales	8,71	
Solicitar materiales	54,21	
Trasladar materiales a corte	7,47	
Medir materiales	40,61	
Colocar materiales en mesa de corte	18,03	

Cortar piezas según diseño	135,22	○ Verificar existencias
Trasladar piezas a forma	9,97	○ Seleccionar materiales
Colocar piezas en la varoladora	17,74	○ Solicitar materiales
Dar forma según diseño	332,53	○ Trasladar materiales a corte
Trasladar piezas a fragua	17,38	○ Medir materiales
Calentar piezas para forjar	28,50	○ Colocar materiales en mesa de corte
Forjar piezas según forma requerida	69,58	○ Cortar piezas según diseño
Enfriar piezas	18,76	○ Trasladar piezas a forma
Trasladar piezas a suelda	0,00	○ Colocar piezas en la varoladora
Fijar marco	112,93	○ Dar forma según diseño
Fijar hoja	135,82	○ Trasladar piezas a fragua
Fijar toldo o verja	121,64	○ Calentar piezas para forjar
Trasladar piezas a pulido	0,00	○ Forjar piezas según forma requerida
Pulir fallas	69,19	○ Enfriar piezas
Trasladar piezas a lavado	0,00	○ Trasladar piezas a suelda
Preparar antioxidante	13,69	○ Fijar marco
Aplicar antioxidante	57,10	○ Fijar hoja
Trasladar piezas a fondeo	0,00	○ Fijar toldo o verja
Preparar químico de adherencia	18,52	○ Trasladar piezas a pulido
Aplicar capa de adherencia	77,47	○ Pulir fallas
Secar puerta	171,20	○ Trasladar piezas a lavado
Trasladar puerta a pintura	0,00	○ Preparar antioxidante
Preparar pintura	13,38	○ Aplicar antioxidante
Aplicar pintura	326,63	○ Trasladar piezas a fondeo
Secar puerta	513,60	○ Preparar químico de adherencia
		○ Aplicar capa de adherencia
		○ Secar puerta
		○ Trasladar puerta a pintura
		○ Preparar pintura
		○ Aplicar pintura
		○ Secar puerta
Trasladar a despacho	13,34	▼ Trasladar a despacho

Realizado por: Doris Mosquera 2015

### 3.7.4 Distribución de Planta

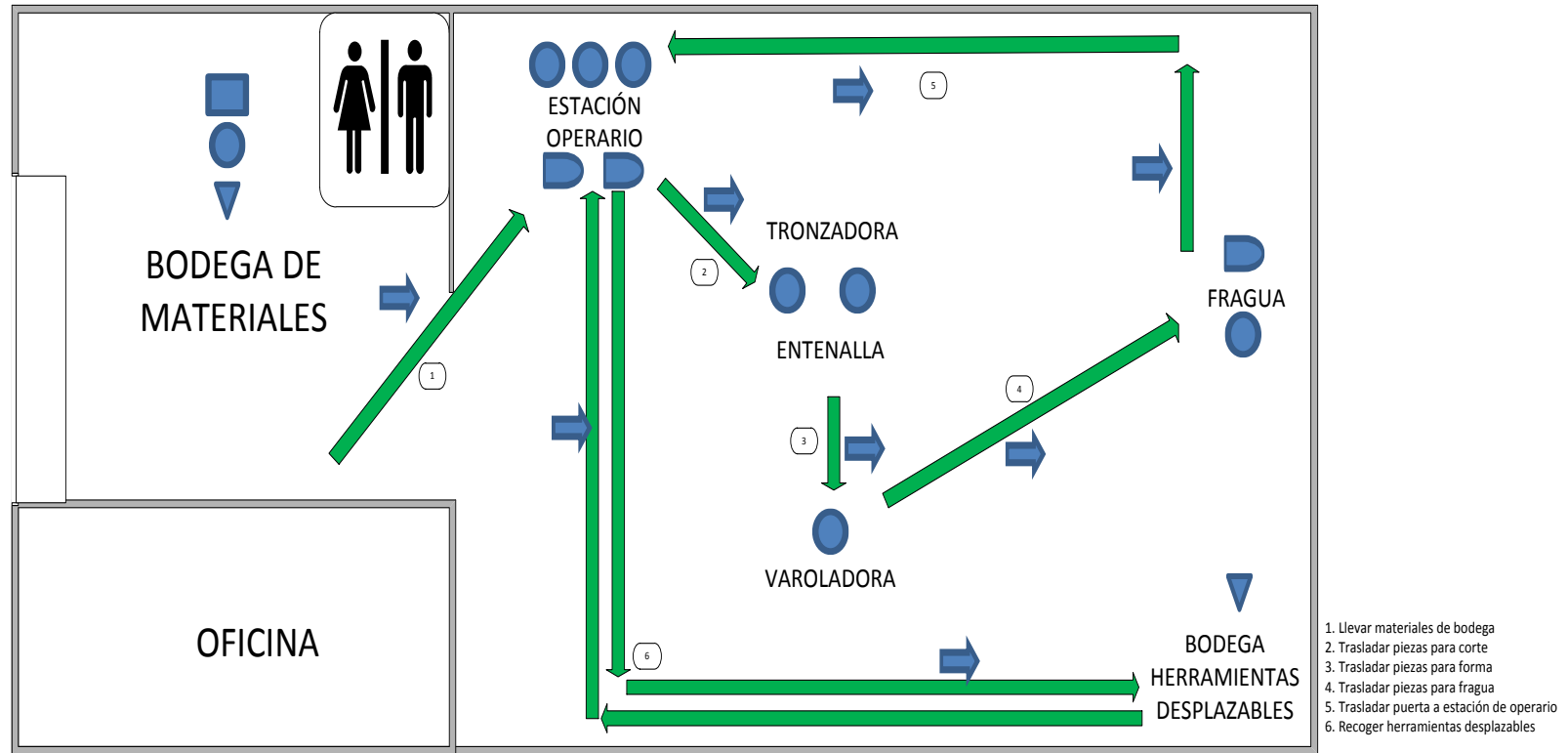
A continuación se muestra la distribución de la planta de la empresa Vicoalmin.



**Figura 2-3:** Diseño de Planta

**Realizado por:** Doris Mosquera 2015

### 3.7.5 Diagrama de recorrido



**Figura 3-3:** Diagrama de recorrido

Realizado por: Doris Mosquera 2015

### **3.7.6 Diagrama hombre – máquina**

En la elaboración de puertas forjadas se utilizan máquinas y herramientas en varios de sus procesos, es por ello que se realizó el estudio de este diagrama, con la finalidad de mostrar la relación de tiempo exacto entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. (Ver Anexo C)

### **3.7.7 Diagrama de precedencia**

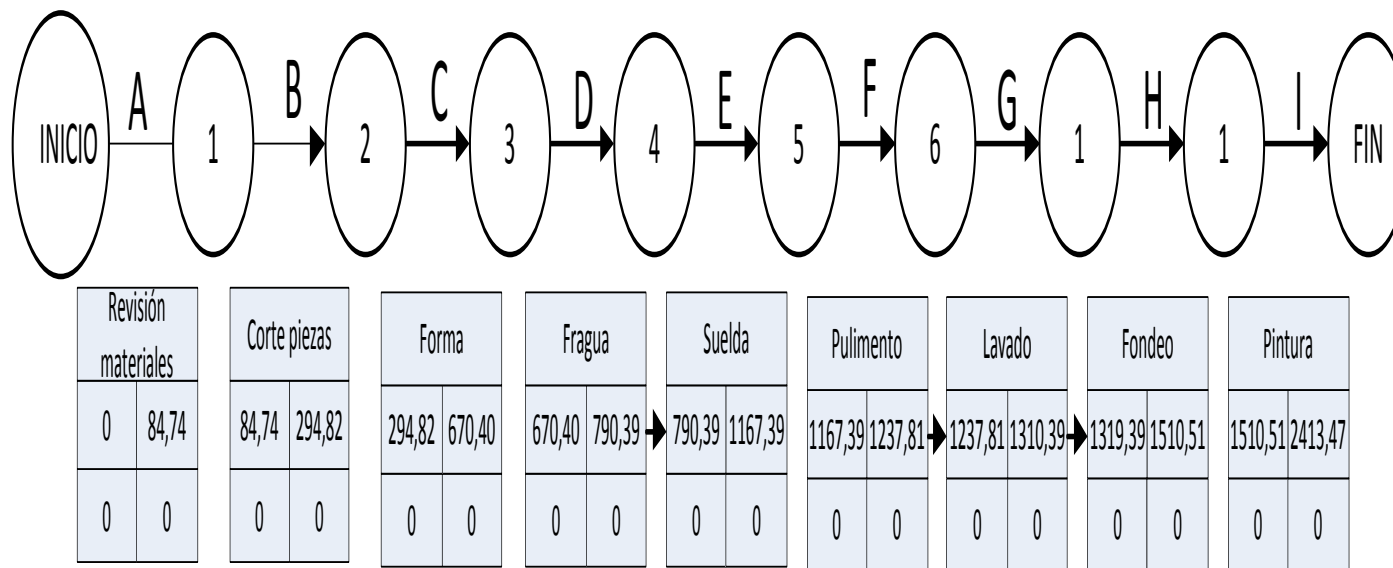
Es un diagrama que ilustra como unas actividades deben llevarse a cabo antes que otras o son requisitos para el siguiente paso y además después de una actividad se ilustra cual debe ser la siguiente y las actividades se pueden hacer de manera simultanea.

En el caso de las puertas forjadas no existen actividades que puedan realizarse simultáneamente, de tal manera que existe una sola ruta crítica, lo cual se muestra a continuación.

**Tabla 13-3:** Diagrama de precedencia

<b>A</b>	<b>Revisión de materiales</b>
<b>B</b>	<b>Corte de piezas</b>
<b>C</b>	<b>Forma de piezas según diseño</b>
<b>D</b>	<b>Fragua de piezas</b>
<b>E</b>	<b>Suelda de piezas</b>
<b>F</b>	<b>Pulimento de puerta</b>
<b>G</b>	<b>Lavado de puerta</b>
<b>H</b>	<b>Fondeo de puerta</b>
<b>I</b>	<b>Pintura de puerta</b>

Realizado por: Doris Mosquera 2015



**Figura 4-3:** Diagrama Per-Cpm  
**Realizado por:** Doris Mosquera 2015

### 3.7.8 Análisis de valor agregado

El Análisis de Valor Agregado o AVA es una metodología que se utiliza para evaluar la eficiencia del proceso de producción de puertas forjadas desde el punto de vista del valor que cada etapa agrega al producto final, minimizando de esta manera el desperdicio ocasionado por pasos o actividades innecesarias.

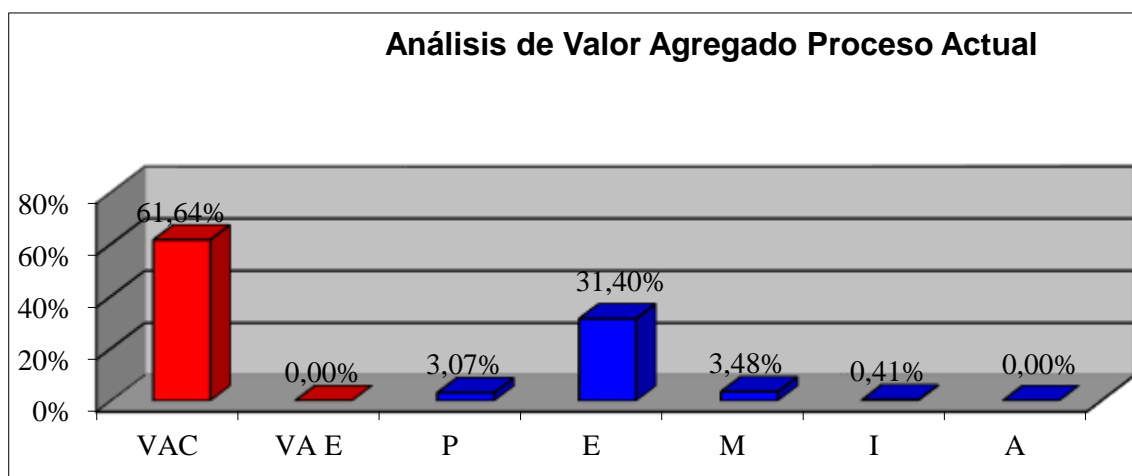
A continuación se presenta el análisis de valor agregado de la situación actual.

**Tabla 14-3. Valor agregado actual**

ANALISIS DE VALOR									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	Tiempos Efectivos (Min.)
1						1		Verificar existencias	9,87
2	1							Seleccionar materiales	8,71
3				1				Solicitar materiales	54,21
4					1			Trasladar materiales a corte	7,47
5	1							Medir materiales	40,61
6					1			Colocar materiales en mesa de corte	18,03
7	1							Cortar piezas según diseño	135,22
8					1			Trasladar piezas a forma	9,97
9					1			Colocar piezas en la varoladora	17,74
10	1							Dar forma según diseño	332,53
11					1			Trasladar piezas a fragua	17,38
12			1					Calentar piezas para forjar	28,50
13	1							Forjar piezas según forma requerida	69,58
14				1				Enfriar piezas	18,76
15					1			Trasladar piezas a suelda	0,00
16	1							Fijar marco	112,93
17	1							Fijar hoja	135,82
18	1							Fijar toldo o verja	121,64
19					1			Trasladar puerta a pulido	0,00
20	1							Pulir fallas	69,19
21					1			Trasladar piezas a lavado	0,00
22			1					Preparar antioxidante	13,69
23	1							Aplicar antioxidante	57,10
24					1			Trasladar piezas a fondeo	0,00
25			1					Preparar químico de adherencia	18,52
26	1							Aplicar capa de adherencia	77,47
27				1				Secar puerta	171,20
28					1			Trasladar puerta a pintura	0,00
29			1					Preparar pintura	13,38
30	1							Aplicar pintura	326,63
31				1				Secar puerta	513,60

32					1			Trasladar a despacho	13,34
	12	0	4	4	11	1	0		
									2413,08
	COMPOSICION DE ACTIVIDADES							Método Actual	TIEMPO TOTAL EN DIAS 5,03
								No.	Tiempo
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)							12	1487,41
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA							0	0,00
P	PREPARACION							4	74,09
E	ESPERA							4	757,77
M	MOVIMIENTO							11	83,94
I	INSPECCION							1	9,87
A	ARCHIVO							0	0,00
TT	TOTAL							32	2413,08
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO							1487,41	
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO							61,64%	

Realizado por: Doris Mosquera 2015



**Figura 5-3: Valor agregado actual**

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Como se puede observar, es evidente que la mayor parte de actividades tienen valor agregado hacia el cliente con un 61,64%, sin embargo, existe un 31,40 % en esperas, 3,07% en preparación, 3,48% en movimientos y 0,41% en inspección, que son actividades que no agregan valor y se las debe eliminar o reducir en lo posible.



## CAPÍTULO IV

### 4 PROPUESTA

#### 4.1. MODELO 5W – 2 H

El modelo 5W2H es una herramienta utilizada por las organizaciones para la ejecución de planificación y consiste en la construcción de una hoja de cálculo en el que se busca responder 7 preguntas, cuyas palabras en Inglés, se inician con W y H. (CHIAVENATO, 2005, pp. 59)

What: ¿Qué se debe hacer?

Why: ¿Por qué, es decir, las razones que justifican lo que se debe hacer?

When: ¿Cuándo se debe realizar la acción?

Where: ¿Dónde se realizará la acción?

Who: ¿Quién va a hacer? ¿Quién va a ayudar? ¿Quién es responsable de implementar la acción?

How: ¿Cómo se va a hacer? incluye los detalles del proceso para alcanzar el objetivo predefinido.

How much: ¿Cuánto se gastará?

Por su facilidad, rapidez de construcción , uso, y la riqueza de la información que proporciona, este modelo es extremadamente útil para realizar la propuesta de mejora en la empresa Vicoalmin de la ciudad de Riobamba.

Acontinuación se detallan hojas de cálculo, en los cuales se especifica la propuesta para las actividades críticas encontradas en el proceso de elaboración de puertas forjadas de hierro , respondiendo siete preguntas claves para cumplir con este método.

**Tabla 1-4. 5W 2H**

	QUÉ	POR QUE	QUIÉN	DÓNDE	CUÁNDO	CÓMO	CUÁNTO
ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	CAUSA	RESPONSABLE	DEPARTAMENTO	TIEMPO	INSTRUCCIONES DE TRABAJO.	PRESUPUESTO
<b>CONTROL DE INVENTARIO DE MATERIALES</b>	Implementar software para control de inventario de materiales.	El no contar con un control adecuado del inventario de materiales causa demoras en la iniciación de la producción, ya que al realizar la verificación de existencias para un proyecto nuevo, suelen haber ocasiones en que no hay los insumos necesarios, de tal manera que en ese momento se realizan las compras necesarias.	Gerente	Bodega	Permanente	Realizar el inventario de materiales.  Codificar los materiales.  Ingresar inventario a base de datos. (software)	Software = 1.400







ESTRATEGIAS	ACTIVIDADES	CAUSA	RESPONSABLE	DEPARTAMENTO	TIEMPO	INSTRUCCIONES DE TRABAJO.	PRESUPUESTO
<b>ACCELERAR PROCESO DE SECADO</b>	Adquirir e instalar un sistema de ventilación para secado.	El proceso de secado tanto de fondeo como de pintura requieren una larga espera hasta que la temperatura ambiente seque la puerta, ello provoca una pérdida de tiempo considerable en el proceso de fabricación total.	Gerente	Producción	Permanente	Secar las puertas con el sistema de ventilación.	Sist. Vent.= 2000

Realizado por: Doris Mosquera 2015

#### 4.1.1 Resultados

Aplicando las estrategias que se plantean, se tiene como resultado una disminución significativa de los tiempos de producción, lo cual se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4.** Diagrama de proceso

Diagrama de Proceso												
Diagrama N.			ACTIVIDAD		TIEMPO							
Objeto:			Operación		1597,28							
Proceso:			Transporte		48,17							
Lugar:			Espera		168,76							
Operario:			Inspección		0,00							
Compuesto por:		Fecha:	Almacenamiento		0							
Aprobado por:		Fecha:	TIEMPO (min)		1814,21							
DESCRIPCIÓN	CANT.	DIST.	TIEMPO (min)	FACTOR DE VALORAC.	SUPL.	TIEMPO ESTÁNDAR						OBSERVACIONES
Revisión de materiales			11,80			16,18						
Verificar existencias	1		0,00	1,26	7%	0,00				X		
Seleccionar materiales	1		6,46	1,26	7%	8,71	X					
Solicitar materiales	1		0,00	1,26	7%	0,00	X					
Trasladar materiales a corte	1	8,76	5,34	1,26	11%	7,47		X				
Corte de piezas			158,10			203,83						
Medir materiales	1		35,14	1,08	7%	40,61	X					
Colocar materiales en mesa de corte	1		13,46	1,24	8%	18,03	X					
Cortar piezas según diseño	1		102,37	1,19	11%	135,22	X					
Trasladar piezas a forma	1	3,49	7,13	1,26	11%	9,97		X				
Forma de piezas según diseño			292,08			367,66						
Colocar piezas en la varoladora	1		14,54	1,13	8%	17,74	X					
Dar forma según diseño	1		265,11	1,13	11%	332,53	X					
Trasladar piezas a fragua	1	5,06	12,43	1,26	11%	17,38		X				

<b>Fragua de piezas</b>			<b>95,19</b>			<b>116,83</b>						
Calentar piezas para forjar	1		23,35	1,13	8%	28,50	X					
Forjar piezas según forma requerida	1		57,52	1,08	12%	69,58	X					
Enfriar piezas	1		14,32	1,18	11%	18,76			X			
Trasladar piezas a suelda	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Suelda de piezas</b>			<b>292,66</b>			<b>370,39</b>						
Fijar marco	1		89,23	1,13	12%	112,93	X					
Fijar hoja	1		107,32	1,13	12%	135,82	X					
Fijar toldo o verja	1		96,11	1,13	12%	121,64	X					
Trasladar puerta a pulido	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Pulimento de puerta</b>			<b>52,35</b>			<b>69,19</b>						
Pulir fallas	1		52,35	1,18	12%	69,19	X					
Trasladar piezas a lavado	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Lavado de puerta</b>			<b>56,44</b>			<b>70,79</b>						
Preparar antioxidante	1		11,32	1,13	7%	13,69	X					
Aplicar antioxidante	1		45,12	1,13	12%	57,10	X					
Trasladar piezas a fondeo	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Fondeo de puerta</b>			<b>104,57</b>			<b>125,99</b>						
Preparar químico de adherencia	1		15,32	1,13	7%	18,52	X					
Aplicar capa de adherencia	1		61,21	1,13	12%	77,47	X					
<b>Secar puerta</b>	<b>1</b>		<b>28,04</b>	<b>1</b>	<b>7%</b>	<b>30,00</b>			<b>X</b>			
Trasladar puerta a pintura	1	0	0,00	0	0%	0,00		X				
<b>Pintura de puerta</b>			<b>389,51</b>			<b>473,36</b>						
Preparar pintura	1		11,07	1,13	7%	13,38	X					
Aplicar pintura	1		258,08	1,13	12%	326,63	X					
<b>Secar puerta</b>	<b>1</b>		<b>112,15</b>	<b>1</b>	<b>7%</b>	<b>120,00</b>			<b>X</b>			
Trasladar a despacho	1	13,5	8,21	1,26	29%	13,34		X				
<b>TOTAL</b>		<b>30,81</b>	<b>1452,7</b>			<b>1814,21</b>	<b>MINUTOS</b>					
						<b>30,24</b>	<b>HORAS</b>					
						<b>3,78</b>	<b>DÍAS</b>					

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Como se puede observar, aplicando las estrategias propuestas, se tiene una optimización considerable en el tiempo del proceso total, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3-4:** Optimización

	TIEMPO TOTAL
ACTUAL	2413,08
CON PROPUESTA	1814,21
OPTIMIZADO MIN	598,88
OPTIMIZADO HORAS	9,98

Realizado por: Doris Mosquera 2015

En la tabla se refleja una disminución significativa en el tiempo del proceso de producción total de puertas forjadas, ya que el tiempo anterior a la propuesta es de 1814,21 minutos (30,24 horas), teniendo así una reducción total de tiempo de proceso de 9,98 horas.

#### 4.1.2 *Análisis de Valor Agregado propuesta*

En el siguiente cuadro se puede apreciar el cambio en el valor agregado de las actividades posterior a la propuesta.

**Tabla 4-4:** Valor agregado propuesta

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO									
No.	VAC	VE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD	Tiempos Efectivos (Min.)
1						1		Verificar existencias	0,00
2	1							Seleccionar materiales	8,71
3				1				Solicitar materiales	0,00
4					1			Trasladar materiales a corte	7,47
5			1					Medir materiales	40,61
6					1			Colocar materiales en mesa de corte	18,03
7	1							Cortar piezas según diseño	135,22
8					1			Trasladar piezas a forma	9,97
9					1			Colocar piezas en la varoladora	17,74
10	1							Dar forma según diseño	332,53
11					1			Trasladar piezas a fragua	17,38
12			1					Calentar piezas para forjar	28,50
13	1							Forjar piezas según forma requerida	69,58
14				1				Enfriar piezas	18,76
15					1			Trasladar piezas a suelda	0,00
16	1							Fijar marco	112,93
17	1							Fijar hoja	135,82
18	1							Fijar toldo o verja	121,64
19					1			Trasladar puerta a pulido	0,00

20	1							Pulir fallas	69,19
21					1			Trasladar piezas a lavado	0,00
22			1					Preparar antioxidante	13,69
23	1							Aplicar antioxidante	57,10
24					1			Trasladar piezas a fondeo	0,00
25			1					Preparar químico de adherencia	18,52
26	1							Aplicar capa de adherencia	77,47
27				1				Secar puerta	30,00
28					1			Trasladar puerta a pintura	0,00
29			1					Preparar pintura	13,38
30	1							Aplicar pintura	326,63
31				1				Secar puerta	120,00
32					1			Trasladar a despacho	13,34
	11	0	5	4	11	1	0		
									1814,20
	COMPOSICION DE ACTIVIDADES							Método Propuesto	TIEMPO TOTAL EN DIAS 3,78
								No. Tiempo %	
VAC	VALOR AGREGADO CLIENTE (dispuesto a pagar)							11 1446,81 80%	
VAE	VALOR AGREGADO EMPRESA							0 0,00 0%	
P	PREPARACION							5 114,70 6%	
E	ESPERA							4 168,76 9%	
M	MOVIMIENTO							11 83,94 5%	
I	INSPECCION							1 0,00 0%	
A	ARCHIVO							0 0 0%	
TT	TOTAL							32 1814,20 100,00%	
TVA	TIEMPO DE VALOR AGREGADO							1446,807122	
IVA	INDICE DE VALOR AGREGADO							79,75%	

Realizado por: Doris Mosquera 2015

A continuación se detalla los porcentajes de valor agregado al cliente posterior a la propuesta, mediante la eliminación de esperas innecesarias dentro del proceso productivo de puertas forjadas:

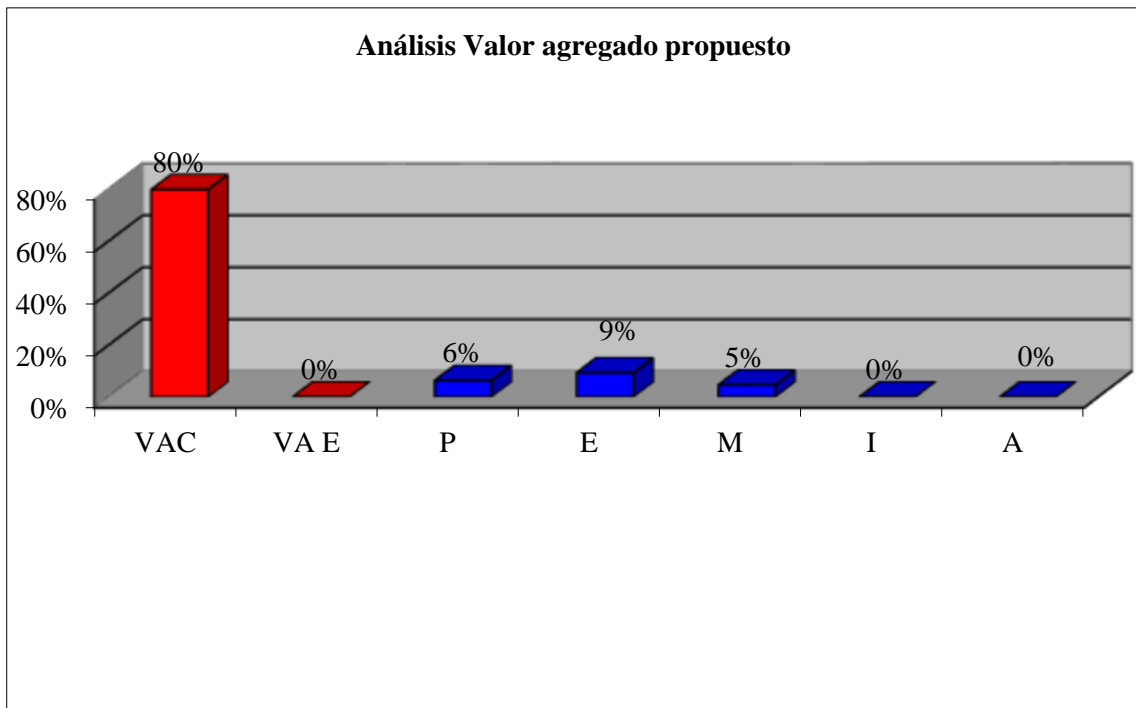


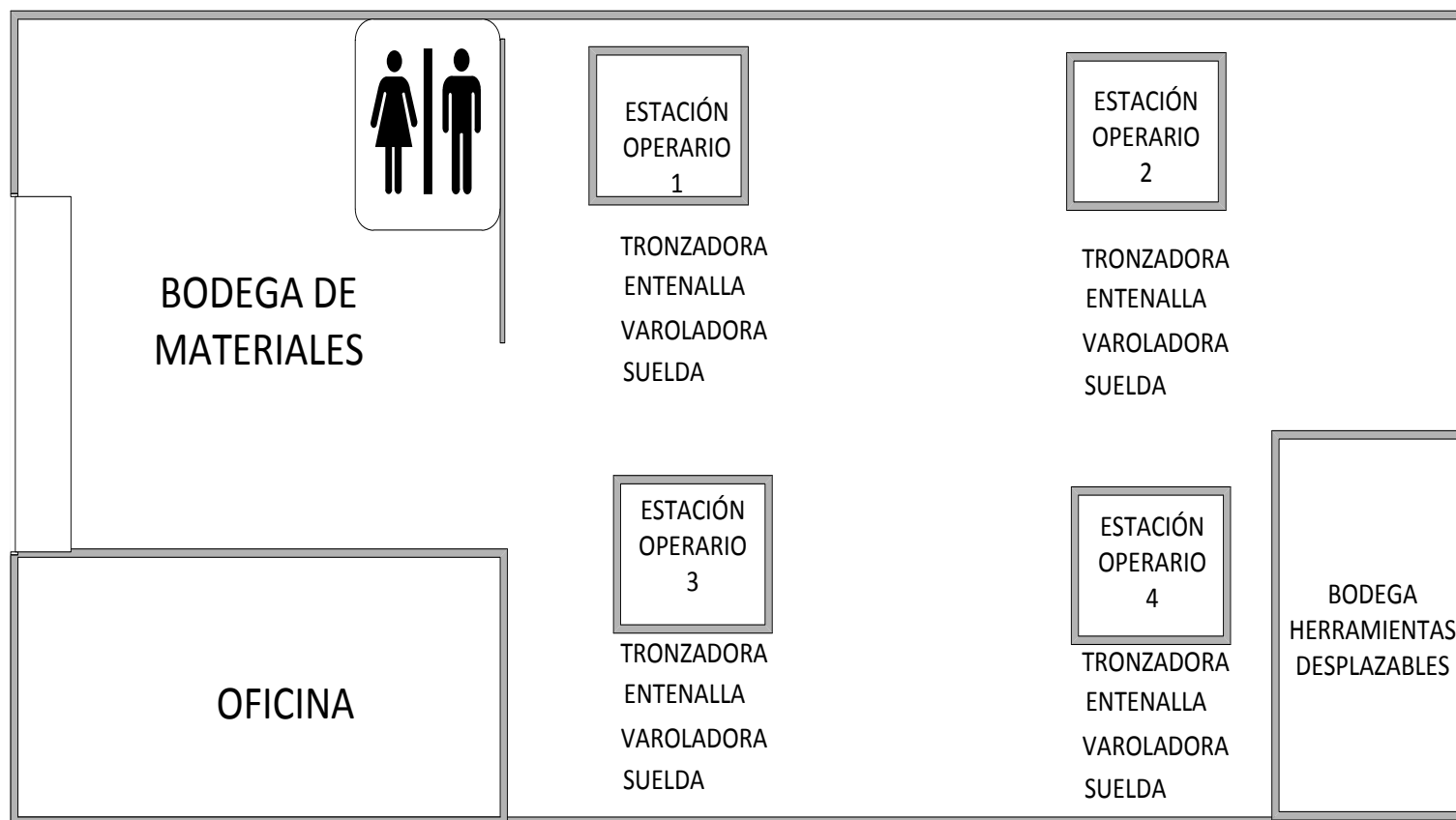
Figura 1-4: Valor agregado propuesto

**Realizado por:** Doris Mosquera 2015

Posterior a la propuesta se puede observar que el valor agregado para el cliente se incrementó de 61,64% a 80%, lo que significa que el proceso de producción de puertas forjadas ha mejorado notablemente.



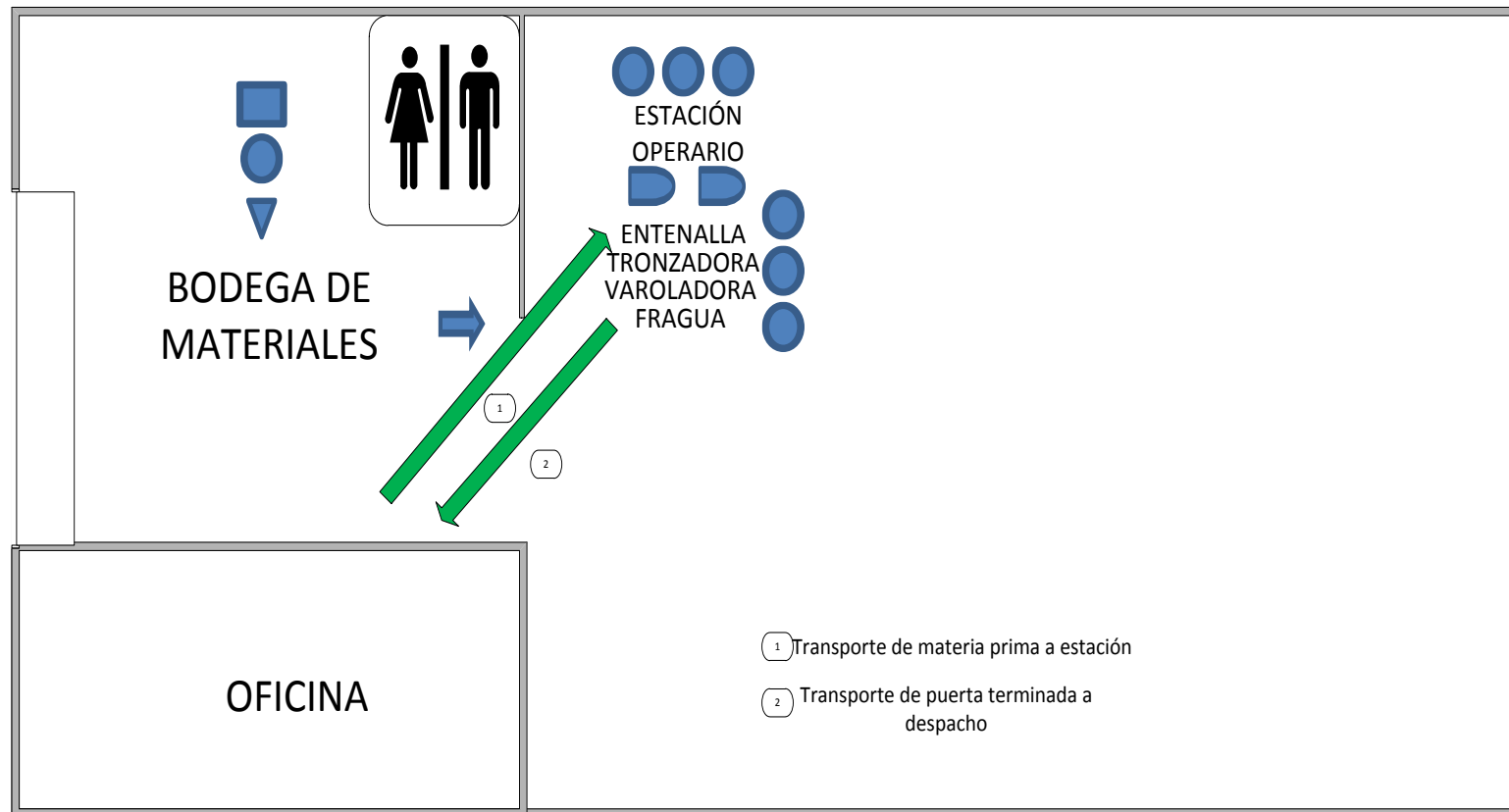
#### 4.1.3 Diseño de planta propuesto



**Figura 2-4:** Diseño planta propuesta

Realizado por: Doris Mosquera 2015

#### 4.1.4 Diagrama de recorrido propuesto



**Figura 3-4.** Diagrama recorrido propuesta  
Realizado por: Doris Mosquera 2015

#### 4.1.5 Análisis de Costo beneficio

Con la finalidad de determinar en factor monetario el impacto que podría generar la propuesta, se han establecido en las estrategias los montos de cada una, y el valor total de inversión, de tal manera que se analiza a continuación el incremento que se generará en los ingresos. (ESTUPIÑÁN, 2006, pp. 132)

Para el cálculo de los ingresos estimados en la situación inicial, se ha realizado la división de los 24 días que se laboran al mes en la empresa, para los 5,03 días que se tarda la producción de una puerta, obteniendo una producción máxima de 4,77 puertas.

**Tabla 5-4:** Ingreso actual

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	RESULTADO
PROD. MÁXIMA	24/5,03	4,77
PVP		220
INGRESO ANUAL	4,77*220*4*12	50.413,19

Realizado por: Doris Mosquera 2015

El ingreso anual de la empresa se ha obtenido multiplicando el máximo de puertas que pueden ser procesadas al mes por el precio, eso a su vez por 4 (número total de operarios) y por 12 ( meses del año).

**Tabla 6-4:** Ingresos vs egresos actual

	2015
<b>INGRESOS</b>	
Ingreso por ventas de puertas forjadas	50.413,19
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>50.413,19</b>
<b>GASTOS</b>	
Sueldos, Salarios y Demás Remuneraciones que Const.Materia Gravada del IESS	26.483,78
Arrendamiento de Inmuebles	0,00
Mantenimientos y Reparaciones	0,00
Promoción y Publicidad	200,00
Suministros y Materiales	168,00
Transporte	2.750,00
Provisiones para Cuentas Incobrables	0,00
Seguros y Reaseguros	0,00
Depreciación de Activos Fijos	1.875,00
Servicios Públicos(agua, luz eléctrica, teléfonos fijos)	1.524,00
Pagos por otros servicios	0,00
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>33.000,78</b>
<b>RESULTADO DEL EJERCICIO</b>	<b>17.412,41</b>

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Para el cálculo de ingresos posterior a la propuesta, se ha realizado el cálculo de la misma manera que la situación inicial, se estableció la división de los 24 días que se laboran al mes en la empresa,

para los 3,78 días que se tarda la producción de una puerta, obteniendo una producción máxima de 6,35 puertas.

**Tabla 7-4:** Propuesta

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	RESULTADO
<b>PROD. MÁXIMA</b>	<b>24/3,78</b>	6,35
<b>PVP</b>		220
<b>INGRESO ANUAL</b>	<b>6,35*220*4*12</b>	<b>67.054,91</b>

Realizado por: Doris Mosquera 2015

De igual forma, el ingreso anual de la empresa se ha obtenido multiplicando el máximo de puertas que pueden ser procesadas al mes, por el precio, eso a su vez por 4 (número total de operarios) y por 12 ( meses del año).

**Tabla 8-4:** Ingresos vs gastos propuesta

	2015
<b>INGRESOS</b>	
Ingreso por ventas de puertas forjadas	67.054,91
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>67.054,91</b>
<b>GASTOS</b>	
Sueldos, Salarios y Demás Remuneraciones que Const.Materia Gravada del IESS	26.483,78
Arrendamiento de Inmuebles	0,00
Mantenimientos y Reparaciones	0,00
Promoción y Publicidad	200,00
Suministros y Materiales	168,00
Transporte	2.750,00
Provisiones para Cuentas Incobrables	0,00
Seguros y Reaseguros	0,00
Depreciación de Activos Fijos	1.875,00
Servicios Públicos(agua, luz eléctrica, teléfonos fijos)	1.524,00
Pagos por otros Servicios (PROPUESTA)	3.400,00
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>36.400,78</b>
<b>RESULTADO DEL EJERCICIO</b>	<b>30.654,13</b>

Realizado por: Doris Mosquera 2015

En el cuadro anterior se observa la utilidad del ejercicio habiendo incluido el gasto de la propuesta y el incremento en los ingresos debido a el aumento en la capacidad productiva, por lo tanto a continuación se observa la diferencia entre la rentabilidad de la empresa, tanto en la situación inicial y posterior a la propuesta.

**Tabla 9-4: Beneficio neto**

RESULTADO DEL EJERCICIO ACTUAL	17.412,41
RESULTADO DEL EJERCICIO PROP.	30654,12797
DIFERENCIA	13241,71872

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Como se observa se tiene un incremento en la utilidad de la empresa de 13.241,72, teniendo la siguiente relación de costo beneficio.

**Tabla 10-4: Costo beneficio**

INVERSIÓN	3.400,00
BENEFICIO POR PROPUESTA	13.241,72
RELACIÓN COSTO BENEFICIO	3,89

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Habiendo realizado una inversión de 3.400 dólares por razón de implementación de estrategias, se ha logrado un incremento en la utilidad de 13.241,72; y haciendo la relación costo beneficio se tiene como resultado un factor de 3,89, lo que significa que por cada dólar que se ha invertido por la propuesta, la empresa ha generado 2,89 dólares adicionales, determinándose así la factibilidad de la propuesta realizada. (GARCÍA, 2010, pp.98)

#### 4.1.6 Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se utiliza la metodología U de Mann Whitney.

Inicialmente se plantean dos hipótesis, tanto la nula como la alterna.

Ho: El estudio de métodos y la medición del trabajo NO ha permitido optimizar la productividad en la elaboración de puertas forjadas en la industria Vicoalmin de la ciudad de Riobamba.

H<sub>a</sub>: El estudio de métodos y la medición del trabajo ha permitido optimizar la productividad en la elaboración de puertas forjadas en la industria Vicoalmin de la ciudad de Riobamba.

Las hipótesis presentadas serán traducidas para el método utilizado a la igualdad o desigualdad de medianas.

Ho:  $Me_1 = Me_2$

H<sub>a</sub>:  $Me_1 \neq Me_2$

A continuación se muestran los datos de tiempos tomados en 8 muestras tanto antes de la propuesta como posterior a ella, teniendo lo siguiente:

**Tabla 11-4:** Muestra situación actual

CICLO	Revisión de materiales	Corte de piezas	Forma de piezas	Fragua de piezas	Suelda de piezas	Pulimento	Lavado	Fondeo	Pintura de puerta	TIEMPO TOTAL
1	22,41	154,33	238,21	86,14	306,32	67,45	71,45	211,32	758,26	1916,89
2	96,54	129,23	267,33	79,05	274,34	54,26	58,26	286,43	760,29	2007,73
3	23,01	146,32	276,3	98,35	298,08	43,33	47,33	265,48	751,25	1952,45
4	26,09	156,29	306,11	86,07	289,45	49,07	53,07	233,12	753,22	1956,49
5	172,32	165,42	287,43	104,32	289,03	48,04	52,04	279,05	762,23	2164,88
6	85,12	165,44	304,07	97,28	303,54	52,23	56,59	224,25	761,46	2055,98
7	25,02	172,54	319,15	99,29	295,28	48,23	52,54	203,07	753,11	1975,23
8	24,11	175,34	338,01	111,01	285,23	56,21	60,21	189,54	759,02	2006,68

Realizado por: Doris Mosquera 2015

**Tabla 12-4:** Muestra con propuesta

CIC.	Revisión de materiales	Corte de piezas	Forma de piezas	Fragua de piezas	Suelda de piezas	Pulimento	Lavado	Fondeo	Pintura de puerta	TIEMP. TOTAL
1	10,01	154,33	238,21	86,14	306,32	67,45	71,45	103,25	389,42	1427,58
2	10,12	129,23	267,33	79,05	274,34	54,26	58,26	105,43	388,54	1368,56
3	11,24	146,32	276,3	98,35	298,08	43,33	47,33	105,34	390,01	1419,3
4	12,26	156,29	306,11	86,07	289,45	49,07	53,07	102,36	391,22	1449,9
5	11,21	165,42	287,43	104,32	289,03	48,04	52,04	108,22	391,12	1461,83
6	12,45	165,44	304,07	97,28	303,54	52,23	56,59	104,44	388,52	1490,56
7	10,35	172,54	319,15	99,29	295,28	48,23	52,54	104,23	388,11	1496,72
8	11,02	175,34	338,01	111,01	285,23	56,21	60,21	103,26	389,14	1537,43

Realizado por: Doris Mosquera 2015

Para realizar la prueba de hipótesis con U de Mann Whitney se desarrollarán las siguientes fórmulas:

$$U1 = n1n2 + \frac{n1(n1 + 1)}{2} - \sum R1$$

$$U2 = n1n2 + \frac{n2(n2 + 1)}{2} - \sum R2$$

Dónde:

$U_1$  y  $U_2$  = valores estadísticos de U Mann-Whitney.

$n_1$  = tamaño de la muestra del grupo 1.

$n_2$  = tamaño de la muestra del grupo 2.

$R_1$  = sumatoria de los rangos del grupo 1.

$R_2$  = sumatoria de los rangos del grupo 2.

A continuación se realiza la asignación de rangos:

**Tabla 13-4:** Asignación de rangos

ASIGNACIÓN DE RANGOS								
ACTUAL	1917	2008	1952	1956	2165	2056	1975	2007
PROPUESTA	1428	1369	1419	1450	1462	1491	1497	1537
RANGOS	1	2	3	4	5	6	7	8
	1369	1419	1428	1450	1462	1491	1497	1537
	9	10	11	12	13	14	15	16
	1917	1952	1956	1975	2007	2008	2056	2165
R1	36							
R2	100							

Realizado por: Doris Mosquera 2015

$$U1 = 8 * 8 + \frac{8(8 + 1)}{2} - 36$$

$$U1 = 64$$

$$U2 = 8 * 8 + \frac{8(8 + 1)}{2} - 100$$

$$U2 = 0$$

De los dos valores de U calculados, se elige el más pequeño (0) y se comparan con los valores críticos de U Mann-Whitney.

**Tabla 14-4:** Tabla U Mann Whitney

U <sup>n1</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,111	0,022	0,006	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
1	0,222	0,044	0,012	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000
2	0,333	0,089	0,024	0,008	0,003	0,001	0,001	0,000
3	0,444	0,133	0,042	0,014	0,005	0,002	0,001	0,001
4	0,556	0,200	0,067	0,024	0,009	0,004	0,002	0,001
5		0,267	0,097	0,036	0,015	0,006	0,003	0,001
6		0,356	0,139	0,055	0,023	0,010	0,005	0,002
7		0,444	0,188	0,077	0,033	0,015	0,007	0,003
8		0,556	0,248	0,107	0,047	0,021	0,010	0,005
9			0,315	0,141	0,064	0,030	0,014	0,007
10			0,387	0,184	0,085	0,041	0,020	0,010
11			0,461	0,23	0,111	0,054	0,027	0,014
12			0,539	0,285	0,142	0,071	0,036	0,019

Realizado por: Doris Mosquera 2015

**Nivel de significación.**

Para todo valor de probabilidad igual o menor que  $p = 0.05$ , se acepta  $H_a$  y se rechaza  $H_o$ .

**Zona de rechazo.**

Para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$ .

Para  $n=8$  con  $U=0$  se tiene en la tabla un valor de 0,000; de tal manera que al ser el valor  $0,000 < 0,05$  (nivel de significación) se acepta  $H_a$ .



## CONCLUSIONES

- La empresa no cuenta con equipos y herramientas suficientes en función de la cantidad de trabajadores, no obstante, realizando el análisis de valor agregado se determinó que la disminución de tiempos que no agregan valor al proceso no son significativos como para invertir dotando a las estaciones de trabajo con todos los equipos.
- Además no realiza controles adecuados de las existencias en inventarios de materias primas, razón por la cual deben realizarse pedidos a proveedores al momento de iniciar la producción y ello ocasiona tiempos muertos y en la producción hasta que el inventario tenga stock suficiente.
- Los procesos no eran controlados de manera científica, sino de forma empírica, de modo que la empresa Vicoalmin exigía un estudio para el mejoramiento de su proceso productivo, especialmente para su producto estrella.
- El tiempo de producción estándar es alrededor de 40,22 horas, el cual por medio de la propuesta se reduce a 30,24 horas.
- El índice de productividad mensual a través de la propuesta establecida es 0,033 puertas por hora hombre en donde se puede verificar claramente el aumento de la producción de puertas forjadas, mediante la eliminación de esperas innecesarias que no generan valor agregado al cliente.
- El beneficio proyectado mediante la implementación de las propuestas realizadas, genera en la empresa un costo beneficio de 3,89, reflejando una significativa mejoría en los ingresos económicos.

## RECOMENDACIONES

- La empresa Vicoalmin debe implementar un sistema de ventilación para que ayude a mejorar el proceso de secado de pintura en la elaboración de puertas forjadas
- Realizar un control adecuado del inventario de existencias de materia prima mediante un software, con la finalidad de mantener siempre dotada la bodega y no causar esperas o paras en la producción.
- Se recomienda utilizar este proyecto de tesis en industrias metalmecánicas, especialmente en donde se elaboren puertas forjadas, para mejorar el desarrollo productivo y económico, contribuyendo así con el objetivo N°10 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, que plantea: “Impulsar la transformación de la matriz productiva, diversificando y generando mayor valor agregado en la producción nacional a través de la consolidación de la transformación productiva de los sectores prioritarios industriales y de manufactura, con procesos de incorporación de valor agregado que maximicen el componente nacional y fortalezcan la capacidad de innovación y de aprendizaje colectivo.
- Implementar un sistema interno de Seguridad Industrial, así como señalización y equipo de protección para el personal.
- Capacitar al personal respecto al cambio y a la Seguridad Industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Baca, G.**(2011). *Introducción a la ingeniería industrial*.México DF, México: Grupo Editorial Patria.
2. **Chiavenato, I.** (2005). *Administración teoría y práctica*. Bogotá: McGraw-Hill.
3. **Coriat, B.** (2001). *El taller y el cronómetro*. Madrid: Popular.
4. **Costa, E.** (2002). *Análisis de la Cadena Productiva*. Curitiba: Paidos.
5. **Deming, E.** (1989). *Calidad, productividad y competitividad*. Madrid: La salida de la crisis (1ra. ed.). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
6. **Estupiñán, O.** (2006). *Análisis financiero y de gestión*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
7. **Fondahl, J.** (1962). *A non-computer approach to the critical path method for the construction industry*. Stanford: Dept. of Civil Engineering, Stanford University,
8. **Gaither, N. Frazier, G.** (2000). *Administración de producción y operaciones* (8va. ed.). México DF, México: International Thomson Editores.
9. **García Santillán.A.** (2010). *Administración Financiera*. Edición electrónica gratuita.
10. **González, M., & Alberto, P.** (2012). *Estadística Aplicada, una visión instrumental*. Madrid: Díaz de Santos.
11. **Heizer, J. y Render, B.** (2009). *Principios de Administración de operaciones*.México D.F, México: Pearson Educación.
12. **Inda, A.** (1999). *El Mapa: Una guía para el mejoramiento de la calidad en la pequeña y mediana empresa, basada en el método Deming*.Washington: Organización de los Estados Americanos.
13. **Kanawaty, G.** (1996). *Introducción al estudio del trabajo*(4ta. ed.). Ginebra, Suiza: Oficina internacional del trabajo.

14. **Meyers, F.** (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Pearson.
15. **Minati, M.** (2012). *Tiempos y Métodos*. Milano: IPSOA
16. **Moore, D.** (2005). *Estadística básica aplicada*. Barcelona: Antoni Bosch.
17. **Plan Nacional del Buen Vivir. (2013).** [www.buenvivir.gob.ec/](http://www.buenvivir.gob.ec/)
18. **Rodríguez, M.** (2007). *Procesos de trabajo: Teoría y casos prácticos*. Madrid, España: Pearson Educación.
19. **Sampieri, R. (2007).** *Fundamentos de metodología de investigación*. México: McGraw-Hill.
20. **Siegel, S.** (1991). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Trillas.
21. **Thruman, J., & Louzinek, K.** (1998). *Ingeniería de métodos, Mayor productividad y un mejor lugar de trabajo*. México: Alfaomega.
22. **Trujillo, R.** (2005). *Direccionamiento Estratégico*. Bogotá: Focus Management.
23. **Vaughn, R.** (1988). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona: Reverté.

## ANEXOS

### Anexo A: Metodología General

#	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA
1	Levantamiento de información	Toma de datos para diagnóstico de la empresa.	Encuesta
2			Cronometraje
3	Obtención Tiempo Medio	Toma de datos a muestra de 8 puertas.	Cronometraje
4	Realizar inventario de procesos	Determinar procesos y actividades	Observación
4	Obtención del Tiempo Normal	Incremento de Factor de Valoración	Tabla factor de valoración
5	Obtención Tiempo Estándar	Incremento de suplementos de trabajo	Método Westinghouse
6	Realizar diagrama de procesos	Diagramar procesos y determinar actividades de operación, transporte, espera, almacenamiento.	Formato de diagrama.
7	Determinar precedencia	Encadenar actividades	Diagrama Per CPM
8	Análisis de valor agregado	Determinar las actividades que no generan valor agregado hacia el cliente.	Formato AVA
9	Proponer mejoras	Eliminar o reducir actividades que no generan valor agregado hacia el cliente.	Método 5w 2h
10	Comprobación de hipótesis	Análisis de factibilidad de resultados.	Prueba U de Mann-Whitney
11	Retroalimentación	Realizar todos los pasos anteriores para determinar impacto de propuesta	

## ANEXO B: Encuesta



### **OBJETIVO:**

**Conocer la situación actual acerca del proceso de producción de puertas forjadas, en relación a sus tiempos y movimientos.**

**Responda todas las preguntas con absoluta sinceridad, gracias por su colaboración.**

1. ¿Considera usted que la empresa cuenta con la infraestructura adecuada para la producción de puertas forjadas?

SI

NO

2. ¿Considera usted que la empresa cuenta con herramientas y equipos adecuados para la producción de puertas forjadas?

SI

NO

3. ¿Considera usted que la empresa cuenta con la cantidad adecuada de herramientas y equipos en función de sus trabajadores?

SI

NO

4. ¿Considera usted que la empresa distribuye adecuadamente las cargas laborales de sus trabajadores?

SI

NO

5. ¿Realiza la empresa control de existencias de los materiales a utilizarse en la producción?

SI

NO

6. ¿Considera usted que la distribución actual de la planta le permite realizar las actividades en forma cómoda y eficiente?

SI

NO

7. ¿Cuáles considera usted que son las principales causas para que se detenga la producción?

Desabastecimiento de materia prima

Falla en los equipos

Falla en operarios

Insuficiente personal

Baja demanda del producto

Mala planificación

8. ¿Considera usted que el tiempo de producción de puertas forjadas podría disminuirse?

SI

NO

9. Mencione las soluciones que considera necesarias para disminuir el tiempo de producción.

---

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

### ANEXO C: Fotos planta



### Corte de piezas





**Forma de piezas**



**Fragua de piezas**



**Soldar piezas**



**Pulir piezas**





**Lavar piezas**



**Fondeo y pintura de piezas**



**ANEXO D:** Ficha de observación (Diagrama de procesos)

DESCRIPCIÓN	CAN T.	DISTANCIA	TIEMPO (min)	FACTOR DE VALORAC.	SUPL.	TIEMPO ESTÁNDAR
<b>Revisión de materiales</b>			<b>59,33</b>			<b>80,26</b>
Verificar existencias	1		7,32	1,26	7%	9,87
Seleccionar materiales	1		6,46	1,26	7%	8,71
Solicitar materiales	1		40,21	1,26	7%	54,21
Trasladar materiales a corte	1	8,76	5,34	1,26	11%	7,47
<b>Corte de piezas</b>			<b>158,10</b>			<b>203,83</b>
Medir materiales	1		35,14	1,08	7%	40,61
Colocar materiales en mesa de corte	1		13,46	1,24	8%	18,03
Cortar piezas según diseño	1		102,37	1,19	11%	135,22
Trasladar piezas a forma	1	3,49	7,13	1,26	11%	9,97
<b>Forma de piezas según diseño</b>			<b>292,08</b>			<b>367,66</b>
Colocar piezas en la varoladora	1		14,54	1,13	8%	17,74
Dar forma según diseño	1		265,11	1,13	11%	332,53
Trasladar piezas a fragua	1	5,06	12,43	1,26	11%	17,38
<b>Fragua de piezas</b>			<b>95,19</b>			<b>116,83</b>

PRODUCTO					
#	PROCESO	ACTIVIDADES	TIEMPO	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**ANEXO E:** Diagrama hombre - máquina

<b>DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Tronzadora			Actividad	
<b>Subproceso:</b>	Corte de piezas				Independiente
<b># Operarios:</b>	1	<b>Sección:</b>			Combinada
<b># Máquinas:</b>	1	<b>Producto :</b>			Espera
<b>Realizado por:</b>	Ing. Doris Mosquera			<b>Fecha:</b>	
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Medir materiales	2			2	Espera
	4			4	
	6			6	
	8			8	
	10			10	
	12			12	
	14			14	
	16			16	
	18			18	
	20			20	
	22			22	
	24			24	
	26			26	
	28			28	
	30			30	
	32			32	
	34			34	
	36			36	
	38			38	
	40			40	
	42,88			42,88	
Colocar materiales en mesa de corte	44			44	Encendido de máquina
	46			46	
	48			48	
	50			50	
	52			52	
	54			54	
	56			56	
	58			58	
	61,91			61,91	

Cortar piezas según diseño	64			64	Corta piezas
	67			67	
	70			70	
	73			73	
	76			76	
	79			79	
	82			82	
	85			85	
	88			88	
	91			91	
	94			94	
	97			97	
	100			100	
	103			103	
	106			106	
	109			109	
	112			112	
	115			115	
	118			118	
	121			121	
	124			124	
	127			127	
	130			130	
	133			133	
	136			136	
	139			139	
	142			142	
	145			145	
	148			148	
	151			151	
	154			154	
	157			157	
	160			160	
	163			163	
	166			166	
	169			169	
	172			172	
	175			175	
	178			178	
	181			181	
	184			184	
	187			187	
	190			190	
	193			193	
	196			196	
	199			199	
	199,57			199,57	
DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Varoladora			Actividad	

Subproceso:	Forma de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Doris Mosquera			Fecha:	
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Colocar piezas en varoladora	2			2	Espera
	4			4	
	6			6	
	8			8	
	10			10	
	12			12	
	14			14	
	16			16	
	18,73		18,73043	Encendido de máquina	
Dar forma según diseño	48			48	Formar piezas
	78			78	
	108			108	
	138			138	
	168			168	
	198			198	
	228			228	
	258			258	
	288			288	
	318			318	
	348			348	
	357,25			357,25	
DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA					
Máquina:	Fragua			Actividad	
Subproceso:	Fragua de piezas				Independiente
# Operarios:	1	Sección:			Combinada
# Máquinas:	1	Producto:			Espera
Realizado por:	Ing. Doris Mosquera			Fecha:	
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Calentar piezas para forjar	2,5			2,5	Calentamiento de fragua
	5			5	
	7,5			7,5	
	10			10	
	12,5			12,5	Calentar piezas
	15			15	
	17,5			17,5	
	20			20	
	22,5			22,5	
	25			25	
	27,5			27,5	
	30,08			30,08	
	35				

Dar forma según diseño	40			40	
	45			45	
	50			50	
	55			55	
	60			60	
	65			65	
	70			70	
	75			75	
	80			80	
	85			85	
	90			90	
	95			95	
	100,90			100,90	
	115			115	
	118			118	
	119,99			119,99	

### DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA

<b>Máquina:</b>	Suelta			Actividad	
<b>Subproceso :</b>	Suelta de piezas				Independiente
<b># Operarios:</b>	1	<b>Sección:</b>			Combinada
<b># Máquinas:</b>	1	<b>Producto:</b>			Espera
<b>Realizado por:</b>	Ing. Doris Mosquera			<b>Fecha:</b>	

ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Fijar marco	10			10	Encendido de suelda
	20			20	Suelta de piezas
	30			30	
	40			40	
	50			50	
	60			60	
	70			70	
	80			80	
	90			90	
	100			100	
	110			110	
	114,95			114,95	
Fijar hoja	120			120	
	131			131	
	142			142	
	153			153	
	164			164	
	175			175	
	186			186	
	197			197	



	208			208	
	219			219	
	230			230	
	253,20			253,20	
Fijar toldo o verja	275			275	
	295			295	
	315			315	
	335			335	
	355			355	
	375			375	
	377,00			377,00	

#### DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA

<b>Máquina:</b>	Amoladora			Actividad	
<b>Subproceso:</b>	Pulido de puerta				Independiente
<b># Operarios:</b>	1	<b>Sección:</b>			Combinada
<b># Máquinas:</b>	1	<b>Producto:</b>			Espera
<b>Realizado por:</b>	Ing. Doris Mosquera			<b>Fecha:</b>	

ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Pulir puerta	1,00			1	Encendido de amoladora
	5,00			5,00	Pulir puerta
	10,00			10,00	
	14,33			14,33	
	18,83			18,83	
	23,33			23,33	
	27,83			27,83	
	32,33			32,33	
	36,83			36,83	
	41,33			41,33	
	45,83			45,83	
	50,33			50,33	
	54,83			54,83	
	59,33			59,33	
	63,83			63,83	
	68,33			68,33	
	70,42			70,42	70,42

#### DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA

<b>Máquina:</b>	Compresor-soplete			Actividad	
<b>Subproceso:</b>	Fondeo de puerta				Independiente
<b># Operarios:</b>	1	<b>Sección:</b>			Combinada
<b># Máquinas:</b>	1	<b>Producto:</b>			Espera
<b>Realizado por:</b>	Ing. Doris Mosquera			<b>Fecha:</b>	

ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Preparación químico de adherencia	1			1	Encendido de compresor
	5			5	Aplica capa de adherencia
	10			10	
	15			15	
	19,56			19,56	

Aplicar capa de adherencia	25			25	
	30			30	
	35			35	
	40			40	
	45			45	
	50			50	
	55			55	
	60			60	
	65			65	
	70			70	
	75			75	
	80			80	
	85			85	
	90			90	
	95			95	
	98,41			98,41283	
Secar puerta	224			224	Espera
	232			232	
	240			240	
	248			248	
	200,11			200,11	

#### DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA

<b>Máquina:</b>	Compresor-soplete			Actividad	
<b>Subproceso:</b>	Pintura de puerta				Independiente
<b># Operarios:</b>	1	<b>Sección:</b>			Combinada
<b># Máquinas:</b>	1	<b>Producto:</b>			Espera
<b>Realizado por:</b>	Ing. Doris Mosquera			<b>Fecha:</b>	
ACTIVIDAD		TIEMPO		ACTIVIDAD	
HOMBRE	Min.	HOMBRE	MÁQUINA	Min.	MÁQUINA
Preparación de pintura	1			1	Encendido de compresor
	4			4	Espera
	7			7	
	10			10	
	14			14	
Aplicar pintura	44			44	Aplica pintura
	69			69	
	94			94	
	119			119	

	144			144	
	169			169	
	194			194	
	219			219	
	244			244	
	269			269	
	294			294	
	319			319	
	347			347	
Secar puerta	404			404	Espera
	465			465	
	526			526	
	587			587	
	648			648	
	709			709	
	770			770	
	831			831	
	889			889	

**ANEXO F: Código de barras**

